

مبادئ علم الأنسجة

منتدى إقرأ الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

الأستاذ الدكتور
حميد أحمد الحاج
قسم العلوم الحياتية - الجامعة الأردنية



بۆدابهزاندنی جوهرها کتیب: سهردانی: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

لتحميل انواع الكتب راجع: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

پدای دانیود کتابهای مختلف مراجعه: (منتدی اقرا الثقافی)

www.lqra.ahlamontada.com



www.lqra.ahlamontada.com

للكتب (کوردی ، عربی ، فارسی)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مبادئ علم الأنسجة

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

رقم التصنيف : 571.5

المؤلف ومن هو في حكمه : حميد أحمد الحاج

عنوان الكتاب : مبادئ علم الأنسجة

رقبــــــــــــم الایـــــداع : 2012/7/2881

الخواصّات : علم الأنسجة/ الأنسجة

بيانات النشر : عمان - دار المسيرة للنشر والتوزيع

حقوق الطبع محفوظة للناس

جميع حقوق الملكية الأدبية والفنية محفوظة لدار المسيرة للنشر والتوزيع عمان - الأردن
ويحظر طبع أو تصوير أو ترجمة أو إعادة تنضيد الكتاب كاملاً أو مجزأً أو تسجيله على اشرطة
كاسيت أو إدخاله على الكمبيوتر أو برمجته على إسطوانات ضوئية إلا بموافقة الناشر خطياً

Copyright © All rights reserved

No part of this publication may be translated, reproduced, distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

الطبعة الأولى 2013م - 1434هـ



عنوان الدار

الرئيسي : عمان - العبدلي - مقابل البنك العربي هاتف : 5627049 6 962 فاكس : 5627059 5 962

الفرع : عمان - ساحة المسجد الحسيني - سوق المتراء هاتف : 4640950 6 962 فاكس : 4617840 6 962

صندوق بريد 7218 عمان - 11118 الأردن

E-mail: Info@massira.io . Website: www.massira.io

مبادئ علم الأنسجة

PRINCIPLES OF HISTOLOGY

الأستاذ الدكتور
حميد أحمد الحاج
قسم العلوم الحياتية - الجامعة الأردنية



الفهرس

23.....	المقدمة.
23.....	الفصل الأول: الأنسجة الطلائية.
23.....	1. خصائص الأنسجة الطلائية.
23.....	2. وظائف الأنسجة الطلائية.
23.....	3. منشأ الأنسجة الطلائية.
23.....	4. الصفيحة القاعدية.
23.....	1.4 تركيب الصفيحة القاعدية.
24.....	2.4 وظائف الصفيحة القاعدية.
24.....	5. ترابط الخلايا الطلائية.
25.....	1.5 الروابط المحكمة.
25.....	2.5 الروابط الفجوية.
25.....	3.5 الأجسام الرابطة.
26.....	6. تخصصات أسطح الخلايا الطلائية.
27.....	1.6 الخملات الدقيقة.
27.....	2.6 الأهداب.
29.....	3.6 الأسواط.
29.....	7. أنواع الأنسجة الطلائية.
29.....	1.7 التصنيف حسب شكل وعدد طبقات الخلايا.
29.....	1.1.7 طلائي حرشفي.
31.....	2.1.7 طلائي مكعب.
33.....	3.1.7 طلائي عمادي.
33.....	4.1.7 طلائي انتقالي.
34.....	5.1.7 طلائي طبقي كاذب.
35.....	2.7 التصنيف حسب الوظيفة.
36.....	8. أنواع الأنسجة الطلائية الغدية.

36.....	1.8 وجود قنّاة أو عدمها
36.....	1.1.8 الغدد البسيطة
36.....	2.1.8 الغدد المركبة
37.....	2.8 طريقة إفراز المواد
38.....	3.8 طبيعة المواد المفرزة
41.....	الفصل الثاني: الأنسجة الضامة
41.....	1. خصائص الأنسجة الضامة
41.....	2. وظائف الأنسجة الضامة
41.....	3. منشأ الأنسجة الضامة
42.....	4. مكونات الأنسجة الضامة
42.....	1.4 الخلايا
42.....	1.1.4 الخلايا الليفية
43.....	2.1.4 الخلايا الأكلة الكبيرة
45.....	3.1.4 الخلايا الصارية
46.....	4.1.4 الخلايا البلازمية
46.....	5.1.4 الخلايا الدهنية
48.....	6.1.4 خلايا الدم البيضاء
48.....	2.4 الألياف الضامة
48.....	1.2.4 ألياف كولاجين
52.....	2.2.4 الألياف الشبكية
53.....	3.2.4 الألياف المرنة
55.....	3.4 المادة الأرضية
56.....	5. أنواع الأنسجة الضامة
56.....	1.5 الأنسجة الضامة الأصلية
56.....	1.1.5 الأنسجة الضامة الفجوية
57.....	2.1.5 الأنسجة الضامة الكثيفة
58.....	2.5 الأنسجة الضامة ذات الصفات الخاصة
58.....	1.2.5 الأنسجة المرنة

58.....	2.2.5 الأنسجة المخاطية.....
59.....	3.2.5 الأنسجة الدهنية.....
63.....	الفصل الثالث: الغضروف
63.....	1. صفات الأنسجة الغضروفية.....
63.....	2. وظائف الأنسجة الغضروفية.....
63.....	3. منشأ الأنسجة الغضروفية.....
65.....	4. أنواع الأنسجة الغضروفية.....
65.....	1.4 الغضروف الزجاجي.....
67.....	2.4 الغضروف المرن.....
67.....	3.4 الغضروف الليفي.....
68.....	5. نمو الغضروف.....
68.....	1.5 النمو البيني.....
68.....	2.5 النمو التراكمي.....
68.....	6. الأقراص بين الفقرات.....
69.....	1.6 الحلقة الليفية.....
69.....	2.6 النواة البارزة.....
73.....	الفصل الرابع: العظم
73.....	1. صفات النسيج العظمي.....
74.....	2. وظائف النسيج العظمي.....
74.....	3. طرائق تحضير العظم للدراسة المجهرية.....
75.....	4. أنواع خلايا العظم.....
75.....	1.4 الخلايا العظمية اليافعة.....
76.....	2.4 الخلايا العظمية الناضجة.....
77.....	3.4 الخلايا العظمية المفككة.....
77.....	5. أرضية النسيج العظمي.....
77.....	1.5 المواد غير العضوية.....
78.....	2.5 المواد العضوية.....
78.....	6. محيط العظم.....

78.....	1.6 المحيط العظمي الخارجي.....
79.....	2.6 المحيط العظمي الداخلي.....
79.....	7. أنواع العظم.....
79.....	1.7 النسيج العظمي الأولي.....
80.....	2.7 النسيج العظمي الثانوي.....
81.....	8. نظام هافرس.....
81.....	9. تشكّل العظم.....
82.....	1.9 التعمّم الفشائي.....
83.....	2.9 التعمّم الفصروي.....
85.....	10. غضروف الكرووس.....
86.....	11. المفاصل.....
86.....	1.11 المفاصل المتداخلة.....
87.....	2.11 مفاصل طليقة الحركة.....
89.....	الفصل الخامس: الدم.....
91.....	1. بلازما الدم.....
93.....	2. خلايا الدم.....
93.....	1.2 خلايا الدم الحمراء.....
94.....	2.2 خلايا الدم البيضاء.....
96.....	1.2.2 الخلايا المتعادلة.....
97.....	2.2.2 الخلايا حامضية الإصطباغ.....
98.....	3.2.2 الخلايا قاعدية الاصطباغ.....
98.....	4.2.2 الخلايا اللمفاوية.....
100.....	5.2.2 الخلايا الوحيدة.....
101.....	3. الصفائح الدموية.....
101.....	1.3 صفات الصفائح الدموية.....
103.....	2.3 تكوّن الخثرة الدموية.....
105.....	الفصل السادس: الأنسجة العضلية.....
107.....	1. العضلات الهيكلية.....

107.....	1.1 خصائص العضلات الهيكلية.....
109.....	2.1 التركيب المجهرى للعضلات الهيكلية.....
112.....	3.1 بروتينات الألياف العضلية الهيكلية.....
113.....	4.1 الشبكة العضلية الداخلية.....
113.....	5.1 الأنبيبات المستعرضة.....
113.....	6.1 الترابط العضلي العصبي.....
115.....	7.1 آلية الانقباض العضلي.....
115.....	8.1 إنتاج الطاقة في العضلات الهيكلية.....
116.....	9.1 أنواع العضلات الهيكلية.....
116.....	10.1 تزود العضلات الهيكلية بالدم والأعصاب.....
116.....	2. العضلات القلبية.....
116.....	1.2 خصائص العضلات القلبية.....
117.....	2.2 الأفراس البينية.....
118.....	3.2 التركيب الدقيق للعضلات القلبية.....
118.....	3. العضلات الملساء.....
119.....	1.3 صفات الخلايا العضلية الملساء.....
120.....	2.3 إعصاب العضلات الملساء.....
121.....	الفصل السابع: الأنسجة العصبية والجهاز العصبي.....
123.....	1. تركيب العصبونات.....
123.....	1.1 جسم الخلية.....
125.....	2.1 الزوائد الشجرية.....
125.....	3.1 المحاور.....
125.....	2. أنواع العصبونات.....
126.....	1.2 أنواع العصبونات حسب عدد البروزات.....
127.....	2.2 أنواع العصبونات حسب الوظيفة.....
127.....	3. الدبق العصبي.....
128.....	1.3 الخلايا النجمية.....
128.....	2.3 الخلايا قليلة التفرع.....

129.....	3.3 الخلايا الدبقية الدقيقة.....
129.....	4.3 الخلايا البطانية.....
130.....	4. تركيب الألياف العصبية.....
130.....	1.4 الألياف المنخّعة.....
133.....	2.4 الألياف غير المنخّعة.....
133.....	5. الأعصاب.....
135.....	6. الجهاز العصبي الذاتي.....
135.....	1.6 الجهاز الذاتي الودي.....
135.....	2.6 الجهاز نظير الودي.....
136.....	7. العقد العصبية.....
138.....	8. الجهاز العصبي المركزي.....
138.....	1.8 الحبل الشوكي.....
139.....	2.8 المخ.....
140.....	3.8 المخيخ.....
141.....	9. السحايا.....
141.....	1.9 الأم الجافية.....
142.....	2.9 المنكبوتية.....
142.....	3.9 الأم الحنون.....
143.....	10. الحاجز الدموي الدماغي.....
143.....	11. الضفيرة المشيمية.....
144.....	12. السائل الدماغي الشوكي.....
145.....	الفصل الثامن: الجهاز الحوري.....
147.....	1. تركيب الأوعية الدموية.....
147.....	1.1 الطبقات.....
147.....	1.1.1 الطبقة الداخلية.....
148.....	2.1.1 الطبقة الوسطى.....
148.....	3.1.1 الطبقة الخارجية.....
148.....	2.1 أوعية الأوعية.....

149.....	3.1 الإغصاف
149.....	2. أنواع الأوعية الدموية
149.....	1.2 الشعيرات
149.....	1.1.2 صفات الشعيرات
152.....	2.1.2 وظائف الشعيرات
152.....	3.1.2 أنواع الشعيرات
154.....	2.2 الشرايين
157.....	3.2 الأوردة
159.....	3. القلب
159.....	1.3 الأغلفة
161.....	2.3 صمامات القلب
161.....	3.3 منظمات ضربات القلب
162.....	4. الجهاز الدوري اللمفاوي
165.....	الفصل التاسع: الجهاز اللمفاوي
167.....	1. أنواع الأعضاء اللمفاوية
168.....	2. وظائف الجهاز اللمفاوي
169.....	3. أنواع التفاعلات المناعية
169.....	1.3 المناعة الخلوية
169.....	2.3 المناعة الخلطية
170.....	4. أنواع الخلايا المناعية
171.....	5. الأعضاء اللمفاوية
171.....	1.5 الغدة الصغرية
174.....	2.5 العقد اللمفاوية
176.....	1.2.5 القشرة
177.....	2.2.5 اللب
177.....	2.2.5 دورة اللمف والدم
178.....	3.5 الطحال
178.....	1.3.5 وظائف الطحال

179.....	2.3.5 تركيب الطحال
182.....	3.3.5 الدورة الدموية
183.....	4.5 اللوزات
186.....	الفصل العاشر: الجهاز الجلدي
188.....	1. وظائف الجلد
188.....	2. مكونات الجلد
188.....	1.2 البشرة
189.....	1.1.2 الطبقة القاعدية
190.....	2.1.2 الطبقة الشوكية
191.....	3.1.2 الطبقة الحبيبية
192.....	4.1.2 الطبقة الصافية
192.....	5.1.2 الطبقة المتقرنة
192.....	6.1.2 الخلايا الأخرى في البشرة
195.....	2.2 الأدمة
196.....	1.2.2 صفات الأدمة
197.....	2.2.2 مكونات الأدمة
197.....	3. تحت الأدمة
197.....	4. مشتقات الجلد
197.....	1.4 الشعر
199.....	2.4 الأظافر
200.....	3.4 الغدد العرقية
201.....	4.4 الغدد الدهنية
202.....	5. أوعية وأعصاب الجلد
203.....	الفصل الحادي عشر: الأنبوب الهضمي
206.....	1. تجويف الفم
206.....	1.1 اللسان
210.....	2.1 الأسنان
211.....	1.2.1 اللبنا

212.....	2.2.1 العاج
212.....	3.2.1 اللب
213.....	4.2.1 الملاط (الإسمنت)
213.....	5.2.1 الرباط المحيط بالسن
213.....	6.2.1 العظم السنجي
213.....	3.1 اللثة
213.....	2. جدار الأنبوب الهضمي
213.....	1.2 المخاطية
214.....	2.2 تحت المخاطية
215.....	3.2 العضلية
215.....	4.2 المصلية
215.....	3. المريء
216.....	4. المعدة
217.....	1.4 منطقة الفؤاد
217.....	2.4 القاع والجسم
220.....	3.4 منطقة البواب
221.....	5. الأمعاء الدقيقة
221.....	1.5 الطبقة المخاطية
227.....	2.5 بقية طبقات جدار الأمعاء الدقيقة
228.....	3.5 أوعية الأمعاء الدقيقة
228.....	4.5 إعصاب الأمعاء الدقيقة
229.....	5.5 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة
230.....	6. الأمعاء الغليظة
232.....	7. الزائدة الدودية
233.....	8. تجدد بطانة الأنبوب الهضمي
235.....	الفصل الثاني عشر: الأعضاء الملحقة بالأنبوب الهضمي
237.....	1. الكبد
237.....	1.1 التركيب

238.....	1.1.1 فصيصات الكبد
240.....	2.1.1 خلايا الكبد
243.....	3.1.1 تزود الكبد بالدم
244.....	2.1 وظائف الكبد
247.....	3.1 تجدد الكبد
247.....	2. المرارة
249.....	3. البنكرياس
250.....	1.3 عنيبات البنكرياس
251.....	2.3 جزر لانجر هانس
253.....	4. الغدد اللعابية
253.....	1.4 خلايا الغدد اللعابية
253.....	1.1.4 الخلايا المصلية
254.....	2.1.4 الخلايا المخاطية
255.....	2.4 قنوات الغدد اللعابية
256.....	3.4 أنواع الغدد اللعابية
256.....	1.3.4 الغدد التكفية
258.....	2.3.4 الغدد تحت الفك
259.....	3.3.4 الغدد تحت اللسانية
260.....	4.4 وظائف اللعاب
261.....	الفصل الثالث عشر: الجهاز التنفسي
263.....	1. الجزء الموصل
263.....	1.1 الوظائف
264.....	2.1 الخلايا
266.....	3.1 المكونات
266.....	1.3.1 تجويف الأنف
267.....	2.3.1 الجيوب الأنفية الجانبية
267.....	3.3.1 البلعوم الأنفي
267.....	4.3.1 الحنجرة

268.....	5.3.1 القصبة الهوائية
270.....	6.3.1 الشعب
271.....	7.3.1 الشعبيات
272.....	2. الجزء التنفسي
272.....	1.2 الشعبيات التنفسية
273.....	2.2 القنوات الحوصلية
274.....	3.2 الحوصلات الرئوية
279.....	3. تجدد بطانة حوصلات الرئة
279.....	4. الأوعية الدموية الرئوية
279.....	5. الأوعية اللمفاوية الرئوية
281.....	6. الأعصاب الرئوية
281.....	7. جنبه الرئة
282.....	8. آليات الدفاع في الجهاز التنفسي
283.....	الفصل الرابع عشر: الجهاز البولي
285.....	1. الكلية
286.....	1.1 النفرونات
288.....	1.1.1 الكلية الكلوية
293.....	2.1.1 الأنابيب المتوي الداني
294.....	3.1.1 عروة هنلي
295.....	4.1.1 الأنابيب المتوي القاصي
296.....	2.1 أنبيبات وقنوات التجميع
297.....	3.1 الجهاز المجاور للكبيبة
298.....	4.1 الدورة الدموية الكلوية
299.....	5.1 فسيولوجية الكلية
299.....	6.1 ضبط وظيفة الكلية
300.....	2. الحالب
301.....	3. المثانة البولية
304.....	4. الإحليل

304.....	1.4 إحتليل الذكر.....
304.....	2.4 إحتليل الأنثى.....
305.....	الفصل الخامس عشر: الجهاز التناسلي الأنثوي.....
307.....	1. المبيض.....
308.....	1.1 حوصلات المبيض.....
308.....	1.1.1 الحوصلات البدائية.....
309.....	2.1.1 الحوصلات الأولية.....
311.....	3.1.1 الحوصلات الثانوية.....
311.....	4.1.1 الحوصلات الناضجة.....
313.....	2.1 الجسم الأصفر.....
315.....	2. قناء المبيض.....
317.....	3. الرحم.....
318.....	1.3 بطانة الرحم.....
319.....	2.3 عضلة الرحم.....
319.....	3.3 محيط الرحم.....
319.....	4. الدورة الشهرية.....
320.....	1.4 مرحلة النزف.....
320.....	2.4 مرحلة التوالد.....
321.....	3.4 مرحلة الإفراز.....
322.....	5. عنق الرحم.....
322.....	6. المهبل.....
322.....	1.6 الطبقة المخاطية.....
323.....	2.6 الطبقة العضلية.....
323.....	3.6 الطبقة الخارجية.....
324.....	7. الغدد الثديية.....
324.....	1.7 تركيب الغدد الثديية.....
326.....	2.7 تركيب الثدي أثناء الحمل.....
327.....	3.7 تركيب الثدي أثناء الإرضاع.....

329.....الفصل السادس عشر: الجهاز التناسلي الذكري

331.....1. الخصية.

332.....1.1 الأنثيبب المنوي.

334.....1.1.1 جدار الأنثيبب المنوي.

341.....2.1.1 الفسيح البيني.

342.....2. القنوات التناسلية.

342.....1.2 القنوات داخل الخصية

343.....2.2 القنوات خارج الخصية

343.....1.2.2 البريخ.

344.....2.2.2 الوعاء الناقل.

345.....3.2.2 القضيب.

347.....3. الغدد التناسلية المساعدة.

347.....1.3 الحوصلة المنوية.

348.....2.3 غدة البروستات.

350.....3.3 غدة كوبر.

350.....4. السائل المنوي.

351.....الفصل السابع عشر: جهاز الغدد الصم.

353.....1. الغدة النخامية.

355.....1.1 النخامية الأمامية.

355.....1.1.1 الجزء القاصي.

358.....2.1.1 الجزء الحديبي.

358.....3.1.1 الجزء الوسيط.

358.....2.1 النخامية الخلفية.

359.....2. الغدة الكظرية.

360.....1.2 قشرة الغدة الكظرية.

362.....2.2 لب الغدة الكظرية.

362.....3. البنكرياس.

364.....1.3 خلايا ألفا.



364.....	2.3 خلايا بيتا
365.....	3.3 خلايا دلتا
365.....	4.3 خلايا F- -
365.....	4. الغدة الدرقية.
368.....	5. جارات الدرقية.
369.....	1.5 الخلايا الرئيسية.
370.....	2.5 الخلايا الحامضية.
370.....	6. الغدة الصنوبرية.
371.....	1.6 الخلايا الصنوبرية.
372.....	2.6 الخلايا النجمية.
372.....	7. غدد أخرى.
373.....	المراجع.

المقدمة

علم الأنسجة، أو علم التشريح المجهرى، هو أحد فروع علم التشريح العام، الذي يعالج التركيب المجهرى للأنسجة وأجهزة جسم الإنسان، وهو علم يشكل أحد الأعمدة التي تركز عليها عدة علوم حياتية، مثل الأجنة والتشريح العام والفسولوجيا، إضافة إلى العلوم الطبية والصيدلانية.

ومن أبرز مزايا هذا العلم هي تمكين الدارسين من الربط بين تركيب ووظيفة خلايا وأنسجة جسم الإنسان. وعلى الرغم من أهمية هذا العلم، فإن المكتبة العربية تكاد تخلو، كما ونوعاً، من مراجع مناسبة باللغة العربية في هذا المجال. وعليه، فإنني أقدم الطبعة الثانية من كتاب علم الأنسجة باللغة العربية كمساهمة متواضعة في تعريب العلوم الحياتية والطبية على المستوى الجامعي.

وفي هذه الطبعة من الكتاب المذكور، عملت جاهدة على تحسين الأشكال التي ظهر معظمها بالألوان، والتي اعتبرها العمود الفقاري في استيعاب علم الأنسجة، إضافة إلى إبراز المصطلحات العلمية لهذا العلم بالنقط العريض. ومن حيث تسلسل مواضيع الكتاب الذي يتألف من سبعة عشر فصلاً، فقد كرست الفصول السبعة الأولى لتغطية الأنسجة الطلائية والأنسجة الضامة بأنواعها الأصلية والخاصة، إضافة إلى الأنسجة العضلية والعصبية. وغطيت أجهزة الجسم المختلفة من حيث تركيبها النسيجي، في الفصول العشرة الأخيرة.

لقد عملت جاهدة على الاستفادة من مراجع ثنائية في علم الأنسجة. وحاولت جمع إيجابيات أبرزها وإظهارها بالطريقة السلسة دون الخوض في تفاصيل الموضوعات المختلفة، وربطاً كل ذلك بخبرتي في تدريس هذا العلم باللغتين الإنجليزية والعربية لأكثر من ثلاثين عاماً في عدة جامعات أردنية وأجنبية.

لقد استغرق إعداد هذه الطبعة من كتاب علم الأنسجة حوالي سنتين، وكنت أقضي الوقت اللازم لهذا الإعداد خارج الدوام الرسمي ومن الوقت المخصص للأمور العائلية. وعليه، فإنني أعرب عن شكري لعائلتي التي دعمتني في هذا العمل، كما يمتد شكري للأنسة نور القرنة والأنسة نور الحاج للمساعدة في التدقيق الفني واللغوي، وكذلك للمساهمة في عملية الإنتاج. ويسرني أن

أعرب عن شكري لبعض من درستهم هذا العلم في أكثر من جامعة على الملاحظات التي أبدوها
كتابة أو شفاهة.

أ. د. حميد أحمد الحاج

عمان / الأردن

الفصل الأول

الأنسجة الطلائية

1

Epithelial Tissues

- | | |
|---|------------------------------------|
| 5. ترابط الخلايا الطلائية.....24 | 1. خصائص الأنسجة الطلائية 23 |
| 6. تخصصات أسطح الخلايا الطلائية.....26 | 2. وظائف الأنسجة الطلائية.....23 |
| 7. أنواع الأنسجة الطلائية.....26 | 3. منشأ الأنسجة الطلائية.....23 |
| 8. أنواع الأنسجة الطلائية الغدية.....36 | 4. الصفيحة القاعدية 23 |

1

تغطي الأنسجة الطلائية أسطح الجسم الخارجية وبطانة أعضائه الأنبوية، وتتكون هذه الأنسجة من خلايا متراسة تتنظم بطبقة أو أكثر وتقوم بعدة وظائف مثل الامتصاص والإفراز. تنشأ هذه الأنسجة من الطبقات الجنينية الثلاث، وتصنف إلى عدة أنواع اعتماداً على شكل خلاياها أو عدد طبقاتها أو وظيفتها.

1. خصائص الأنسجة الطلائية

تتصف الأنسجة الطلائية بالأمور التالية :

- وجود حيزات بين خلوية قليلة.
- خلوها من الأوعية الدموية.
- ارتكازها على صفيحة قاعدية basal lamina مكونة من ألياف وخيوطات.
- لها سطح حر، أي أنها تتعرض إما للهواء كما في بشرة الجلد وبطانة مجرى التنفس أو لسوائل الجسم، كما في بطانة المسالك البولية والتناسلية، أو للطعام، كما في الأعضاء الهضمية.

2. وظائف الأنسجة الطلائية

تقوم الأنسجة الطلائية بالوظائف التالية :

- الحماية كما في بشرة الجلد وبطانة الأعضاء الأنبوية.
- الامتصاص، كما في أنسجة الأمعاء الدقيقة والكلية.
- الإفراز، وهي وظيفة هامة لأنسجة الغدد المختلفة.
- الإحساس، كما في أنسجة اللسان والأنف والعين والأذن.
- التكاثر، الذي يشكل وظيفة أساسية للمبيض والخصية.

3. منشأ الأنسجة الطلائية

تنشأ الأنسجة الطلائية من الطبقات الجرثومية germ layers الجنينية الثلاثة. فالأنسجة الطلائية التي تغطي الأسطح الخارجية للجسم، كما في الجلد، إضافة إلى بطانة الأنف والفم والشرج، تشتق من الأدمة الخارجية ectoderm. أما بطانة الجهاز الهضمي والغدد المشتقة منه، مثل الكبد والبنكرياس، وكذلك بطانة الجهاز التنفسي فتشتق من الأدمة الداخلية endoderm، وتنشأ الأنسجة الطلائية المبطننة للأوعية الدموية والمسالك التناسلية والبولية من الأدمة الوسطى mesoderm.

4. الصفيحة القاعدية Basal Lamina

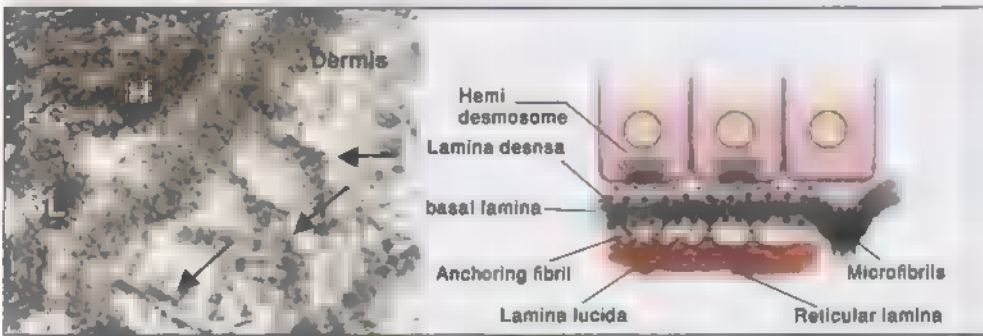
1.4 تركيب الصفيحة القاعدية

ترتكز جميع الأنسجة الطلائية على طبقة ليفية خيطية تسمى الصفيحة القاعدية basal lamina التي تفصلها عن النسيج الضام، ولا ترى هذه الصفيحة إلا بالمجهر الإلكتروني

منتدى إقرأ الثقافي

النافذ، حيث تظهر على هيئة صفيحة كثيفة lamina densa ذات سمك يتراوح بين 20 و100 نانومترا، وتتكون من شبكة من اللييفات الدقيقة، إضافة إلى صفيحة شفافة lamina lucida على جانب واحد أو على جانبي الصفيحة (شكل 1).

من الناحية الكيميائية تتركب الصفيحة القاعدية من ثلاثة مكونات أساسية هي: البروتين كولاجين collagen، والبروتين الكرويهيراتي glycoprotein لامن laminin والكربوهيدرات البروتيني proteoglycan المسمى كبريتات هباران heparan sulfate. وترتبط الصفيحة القاعدية بالأنسجة الضامة الواقعة تحتها عبر لييفات مثبتة anchoring fibrils تشكل من كولاجين VII، وحزم من الخييطات الدقيقة microfilaments (شكل 1).



(شكل 1) رسم لنسيج طلائي مركّز على صفيحة قاعدية مكونة من طبقة مركزية كثيفة وطبقة شفافة عند جانبيها (يمين) وصورة بالمجهر الإلكتروني لجزء من خلية طلائية EC ترتكز على صفيحة قاعدية BL. يظهر تحتها نسيج ضام في أدمة الجلد dermis يحتوي ألياف كولاجين (يسار، أسهم). يرمز الحرف H إلى نصف جسم رابط.

2.4 وظائف الصفيحة القاعدية

- أ. تكوين حاجز انتقائي بين خلايا الأنسجة الضامة والأنسجة الطلائية.
- ب. تحديد التفاعلات بين الخلايا، فمثلاً، لا يتم الترابط بين الأنسجة العصبية والعضلية إلا بوجود صفيحة بينهما.
- ج. توجيه حركة الخلايا الطلائية، إذ يزوال الصفيحة القاعدية من تحت نسيج طلائي سرطاني تنتشر خلايا هذا النسيج إلى الأنسجة المجاورة.
- د. تحديد مسارات هجرة الخلايا أثناء التكوين الجنيني.

5. ترابط الخلايا الطلائية

ذكرنا في بداية هذا الفصل أن الحيزات بين الخلايا الطلائية قليلة أو معدومة مما يوفر لهذه الخلايا، وللأنسجة التي تتكون منها، ترابطاً قوياً يجعل فصلها عن بعض أمراً صعباً. ويكون هذا

1

الترابط ضرورياً في الأنسجة التي تتعرض للضغط والاحتكاك المتواصل كما في الجلد، ويتم هذا الأمر بوجود العناصر التالية:

- أ. بروتينات كربوهيدراتية **glycoproteins** وهي مكونات أساسية في أغشية الخلايا الطلائية، ولهذه البروتينات قوة ربط عالية.
- ب. كربوهيدرات بروتينية **proteoglycans** في الحيزات بين الخلايا.
- ج. أيونات الكالسيوم التي تحافظ على هذا التماسك.
- د. وجود روابط بين الخلايا الطلائية تعمل على تماسكها، كما تزودها بوسائل اتصال بينية. وتتخذ هذه الروابط نظاماً معيناً يمتد من قمم الخلايا الطلائية حتى قواعدها (شكل 2) ومن هذه الروابط:

1.5 الروابط المحكمة Tight Junctions

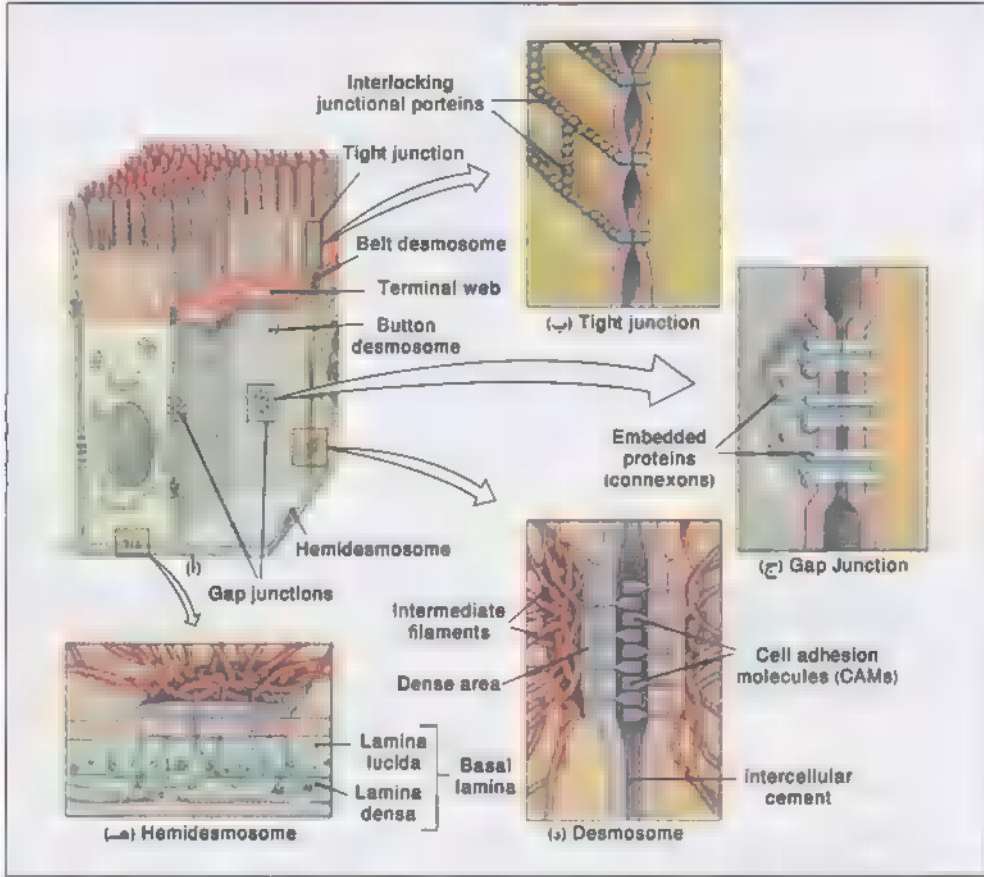
تشكل هذه الروابط حزاماً تحيط كلياً بالخلايا الطلائية ويسمى هذا النوع **الحزام الغشي** **zonula occludens** الذي يتكون نتيجة اندماج الطبقتين الخارجيتين لغشائي خيلتين متجاورتين في موقع أو أكثر (شكل 2)، والوظيفة الأساسية لهذه الروابط هي تكوين موانع لتسرب المواد بين الخلايا الطلائية.

2.5 الروابط الفجوية Gap Junctions

تتصف هذه الروابط بالتجاور المتراص لأغشية الخلايا الطلائية، حيث أن المسافة بين خيلتين متجاورتين تبلغ حوالي 2 nm (شكل 2). وتشكل بروتينات الروابط الفجوية أشكالاً سداسية لها ثقب مركزي محبة للماء يبلغ قطرها حوالي 1.5 nm. ومن الناحية الوظيفية، تسمح هذه الروابط بتبادل مواد مثل الهرمونات، و GMP، cAMP، وبعض الأيونات بين الخلايا، وبذلك يتناسق عملها كوحدة كما في الخلايا العضلية القلبية. كذلك فإن للروابط الفجوية دوراً هاماً في تناسق التكوين الجنيني.

3.5 الأجسام الرابطة Desmosomes

هذه تراكيب قرصية الشكل توجد على الوجه السيتوبلازمي عند نقطة الارتباط بين غشائي خيلتين متجاورتين، تفصلهما في هذه المنطقة مسافة تبلغ حوالي 0.03 μm. ويتشكل كل جسم رابط من مادة كثيفة تسمى **لوحة الارتباط attachment plaque** (شكل 2) تتكون من 12 بروتينياً. كذلك، أظهرت الدراسة المجهرية الإلكترونية أن مجموعات من خيوطات متوسطة **intermediate filaments** تتصل بالجسم الرابط على هيئة دبابيس الشعر (شكل 2). وتظهر الأجسام الرابطة على شكل رقع على طول الأغشية الجانبية لمعظم الخلايا الطلائية، وهذه الأجسام هي النوع الوحيد من الروابط التي توجد في بشرة الجلد حيث تزوده بالتماسك القوي.



(شكل 2) رسم يبين أنواع الروابط بين الخلايا الطلائية (أ) و رابطاً محكماً (ب) و رابطاً فجوياً (ج) وجسماً رابطاً (د) بين خلايا طلائية متجاورة، كما يظهر نصف جسم رابط بين خلية طلائية ونسيج ضام تحتها (هـ).

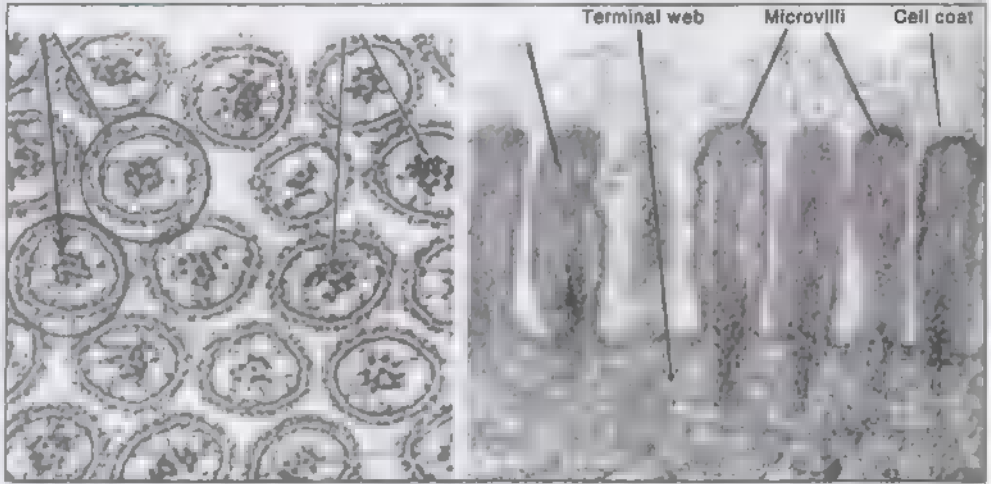
تجدر الإشارة إلى أن بعض الخلايا الطلائية ترتبط بالصفحة القاعدية بواسطة أنصاف أجسام رابطة hemidesmosomes (شكل 2.1)، ومن حيث الشكل، تأخذ هذه الأجسام نصف تركيب جسم رابط من ناحية غشاء الخلية الطلائية، ويعتقد أن أنصاف الأجسام الرابطة تساهم في ربط الخلايا الطلائية بالصفائح القاعدية.

6. تخصصات أسطح الخلايا الطلائية

تظهر على الأسطح الحرة لخلايا بعض الأنسجة الطلائية بروزات تزيد مساحتها السطحية لتعزيز قدراتها الامتصاصية أو الإفرازية، كما يعمل بعضها على تحريك الأجسام الغريبة من على أسطح تلك الخلايا لحمايتها، ومن هذه التخصصات:

1.6 الخملات الدقيقة Microvilli

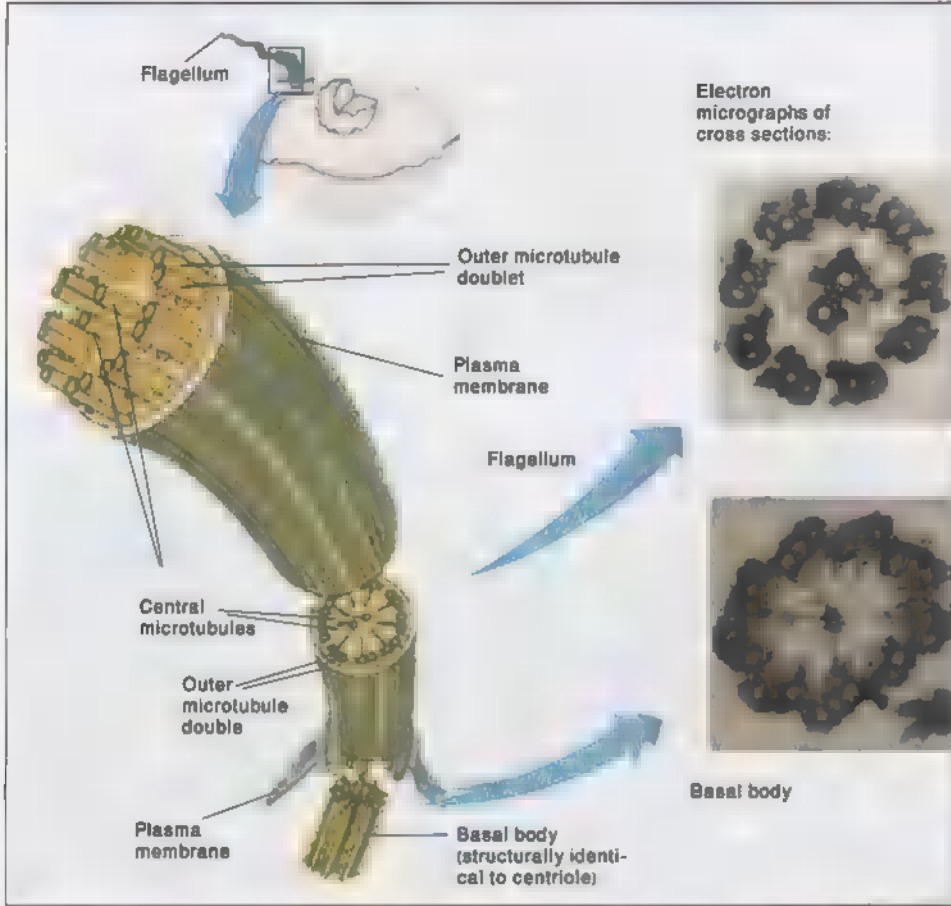
هذه بروزات دقيقة لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني، يبلغ طول الواحدة منها حوالي ميكرومتر واحد، ويبلغ قطرها حوالي $0.08 \mu m$. وتشكل الخملات الدقيقة وما حولها من لفائف شكلاً يشبه حد الفرشاة **brush border**. وتمثل هذه البروزات تنوعات لسيتوبلازم الخلايا وتكون محاطة بأغشية. وبهذا، فإنها تزيد المساحة السطحية لتلك الخلايا وترفع قدرتها الامتصاصية، كما في بطانة الأمعاء الدقيقة والأنبيبات الكلوية. وتوجد داخل الخملات الدقيقة مجموعات من الخييطات الدقيقة **microfilaments** التي تتصل مع خييطات أخرى توجد تحت تلك الخملات، وهذا ما يوفر دعامة لها (شكل 3).



(شكل 3) صورة مجهرية إلكترونية تبين بمقطع طولي الخملات الدقيقة على سطح خلية أمعاء دقيقة (يمين)، وصورة مجهرية إلكترونية تبين بمقطع عرضي الخملات الدقيقة وبداخلها الخييطات الدقيقة (أسهم، يسار).

1.6 الأهداب Cilia

هذه بروزات مستطيلة ومتحركة تقع على أسطح بعض الخلايا الطلائية، كما في بطانة القصبة الهوائية وقناة المبيض. وبمقطع عرضي في المجهر الإلكتروني النافذ، تظهر الأهداب بشكل مستدير يحاط بغشاء خلوي يحتوي بداخله تسع ثنائيات من أنابيب دقيقة **microtubules** تحيط بـ أنابيبين في الوسط (شكل 4). وفي مقاطع طويلة تظهر الأهداب متصلة بـ أجسام قاعدية **basal bodies** (شكل 4)، وهي تراكيب كثيفة توجد عند رؤوس الخلايا الطلائية ولها تراكيب دقيقة شبيهة بتلك الموجودة في المريكزات **centrioles**.



(شكل 4) رسم بياني ثلاثي يبين مكونات هدبة أو سوط وجسم قاعدي (يسار) و صورة

مجهرية إلكترونية لمقطع عرضي في هدبة (يمين، فوق) وفي جسم قاعدي (يمين، تحت).

ومن ناحية وظيفية، تقوم الأهداب بتحريك السوائل أو الجسيمات التي تمر في المسالك التنفسية والتناسلية، وفي المسالك الأخيرة تعمل الأهداب على تحريك الخلايا المنوية والبويضات، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الحركة تعود لوجود تراكيب دقيقة تسمى أذرع دايتين *dynein arms* المتصلة بدقائق الأنابيب الدقيقة، وتبين بأن لهذه الأذرع قدرة إنزيم *ATPase*. ويبلغ عدد الأهداب في بعض الخلايا الطلائية عدة مئات (حوالي 250 في الخلايا المبطنة للقنبرة الهوائية)، ويبلغ قطرها حوالي 0.2 μm . بينما يتراوح طولها بين 5 و 10 μm .

وعلى أسطح خلايا بعض الأنسجة الطلائية توجد أشباه أهداب *stereocilia*، كما على بطانة البربخ *epididymis* والوعاء الناقل *vas deferens* في الجهاز التناسلي الذكري، حيث تقوم هذه التراكيب بزيادة المساحة السطحية للنسيج الطلائي لتسهيل حركة الجزيئات من وإلى الخلايا.

3.6 الأسواط Flagella

هذه البروزات أكثر طولاً وأقل عدداً من الأهداب، ويقتصر وجودها في الإنسان على الحيوانات المنوية فقط. ومن حيث التركيب، فإن الأسواط شبيهة بالأهداب (شكل 4)، ووظيفتها الأساسية هي تحريك الخلايا حيث يبدو ذلك جلياً في الحيوانات المنوية.

7. أنواع الأنسجة الطلائية

تصنّف الأنسجة الطلائية على عدة أسس، منها: شكل وعدد طبقات الخلايا، ووظائفها. وفيما يلي نستعرض أنواع الأنسجة الطلائية اعتماداً على هذه الأسس.

1.7 التصنيف حسب شكل وعدد طبقات الخلايا

1.1.7 طلائي حرشفي Squamous Epithelium

تكون الخلايا من هذا النوع مسطحة ولها شكل حرشفي ونوى مركزية مستديرة أو بيضوية. وفي مقطع عرضي، يظهر سيتوبلازمها رقيقاً عند أطرافها وعادة ما يكون منتفخاً في محيط النوى (شكل 5). وقد يكون هذا النسيج بسيطاً مكوناً من طبقة واحدة من الخلايا أو من عدة طبقات.

أ. الحرشفي البسيط Simple Squamous

يتكون هذا النسيج من طبقة خلوية واحدة ويوجد في بطانة الأوعية الدموية والقلب والقنوات اللمفاوية والشعيرات وحوصلات الرئة (شكل 5)، وفي الأغشية التي تبطن التجاويف المحيطة بالقلب والرئتين. ويكون هذا النسيج معنياً بعمليات مثل الترشيع أو الانتشار كما في حوصلات الرئة ومحفظة بومان في الكلية والشعيرات الدموية.



(شكل 5) صورة لنسيج طلائي حرشفي بسيط في جدار حوصلة رئوية (يمين) و جدار محفظة بومان في الكلية (يسار). لاحظ الأمهات التي تبطن نوى الخلايا الحرشفية.

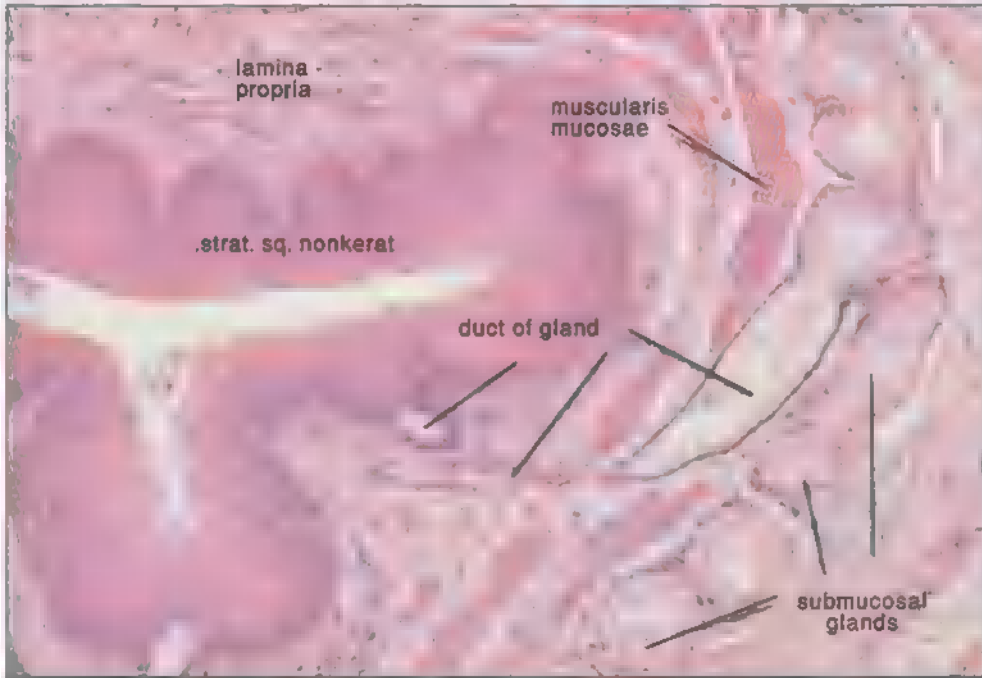
ب. الحرشفي الطبقي Stratified Squamous

يتكون هذا النوع من طبقتين خلويتين أو أكثر، و هو يعمل على وقاية الأعضاء التي يغطيها أو يبطنها، ذلك أنه يتحمل البلى و التهتك أكثر من الأنسجة البسيطة. و لهذا، نجد هذا النوع في الأماكن التي تتعرض لدرجة عالية من الاحتكاك مع محيطها المباشر كما في الجلد و الجهاز الهضمي والمهبل، و يحتوي جسم الإنسان نوعين من هذا النسيج، هما: غير المتقرن non-keratinized، و المتقرن keratinized.

وفيما يلي استعراض لكل منهما:

• طبقي حرشفي غير متقرن Stratified Squamous Nonkeratinized

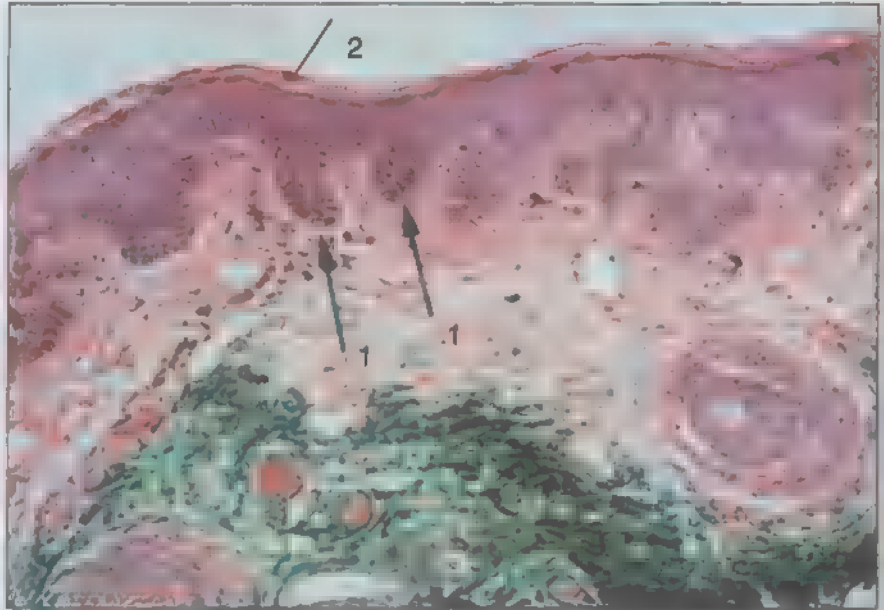
يبطن هذا النسيج التجاويف المبتلة في الجسم، مثل تجويف الفم والأنبوب الهضمي (شكل 6). وفي هذا النوع تكون الخلايا القاعدية متعددة الأضلاع، ولها قدرة عالية على الانقسام لتكون مصدرا متجددا للخلايا التي تهتك في الطبقات العليا، أما الخلايا السطحية فتكون حرشفية ولها نوى داكنة (شكل 6)، وباقترابها من السطح تضمر وتصبح حرشفية الشكل ولها نوى داكنة.



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن كما في بطانة المريء.

• طبقي حرشفي متقرن Stratified Squamous Keratinized

يفطي هذا النوع الأسطح الجافة، وبشكل عام، فإنه يشبه النوع غير المتقرن، غير أن خلاياه السطحية ميتة ومملئة بألياف الكراتين **keratin** القاسية (شكل 7). وبهذا التركيب، يكون هذا النسيج مناسباً جداً لحماية الأنسجة والأعضاء الخارجية. ومن الخصائص التي تساعد هذا النسيج على القيام بوظيفة الوقاية: التفلظ والتقرن الكبيران، والقدرة على طرح الخلايا السطحية التي تتعرض للكشط، والتعويض عنها بانقسام الخلايا القاعدية، ووفرة الأجسام الرابطة. وتمثل بشرة الجلد مثلاً جيداً على هذا النوع.



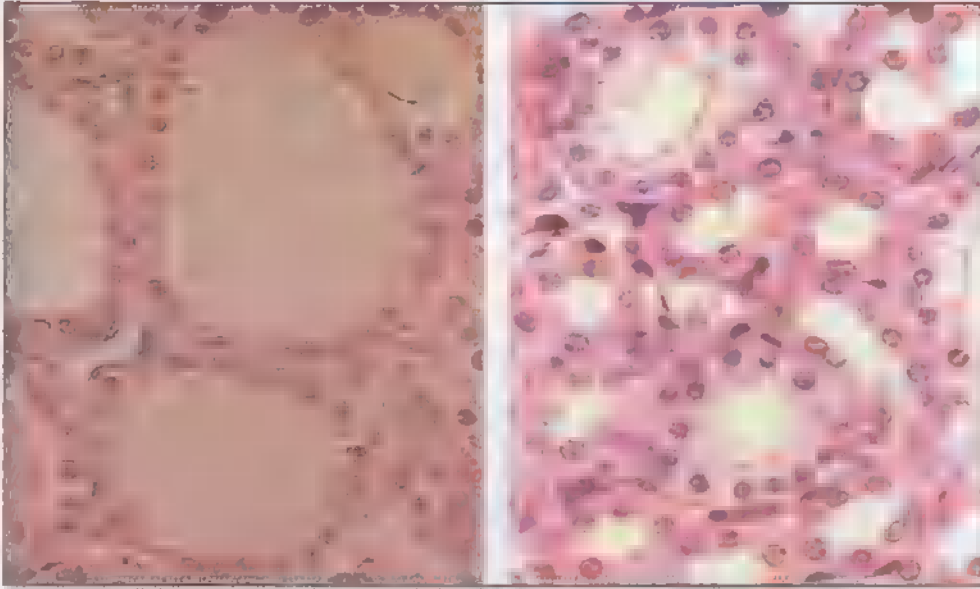
(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي حرشفي متقرن، كما في الجلد. يشير الرقم 1 إلى الطبقة السفلى من أدمة الجلد، وبين الرقم 2 ألياف كراتين في بشرة الجلد.

2.1.7 طلائي مكعب Cuboidal Epithelium

تبدو الخلايا في مقطع عرضي لهذا النسيج بشكل مربع، بداخله نواة مركزية ومستديرة. ويظهر سيتوبلازم خلايا هذا النسيج إما رائقاً أو حبيبياً. وقد يكون هذا النوع بسيطاً أو طبقياً.

أ. مكعب بسيط Simple Cuboidal

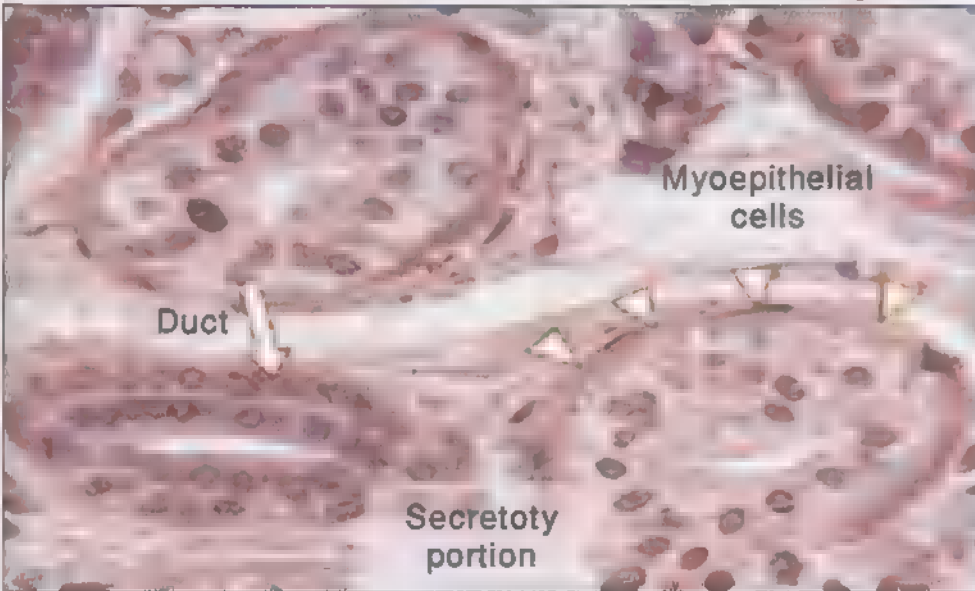
توجد هذه الأنسجة في حوصلات الغدة الدرقية وأنبيبيات الكلية وعلى سطح المبيض (شكل 8)، وتقوم بعمليات إفرازية أو امتصاصية، ويحتوي سيتوبلازمها كميات وافرة من الميتوكوندريا وفي كثير من الأحيان تحمل أعداداً كبيرة من الخملات الدقيقة. كما في أنبيبيات الكلية.



(شكل 8) صورة لنسيج طلائي مكعب بسيط في حوصلات غدة درقية (يمسار) وأنبيبات كلوية (يمين).

ب. مكعب طبقي Stratified Cuboidal

هذا نوع نادر، يمكن ملاحظته في أماكن مثل قنوات الغدد العرقية حيث تكون القناة مكونة من طبقتين فقط (شكل 9)، وفي حوصلات المبيض النامي وفي الخصية، بحيث يكون النسيج الطلائي مكوناً من عدة طبقات.



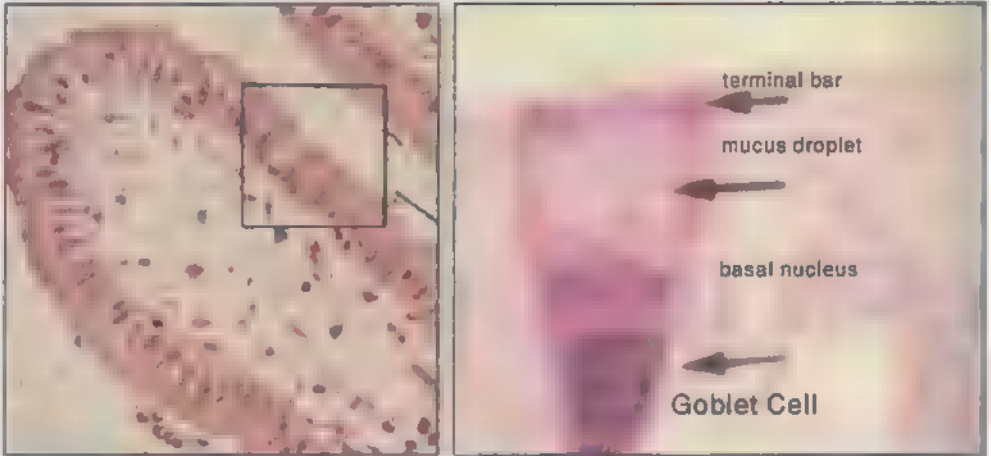
(شكل 9) مقطع عرضي في قناة غدة عرقية (تحت، يمسار).

3.1.7 Columnar Epithelium عمادي

تظهر خلايا هذا النسيج عند قطعها طولياً بشكل عمادي، حيث تحتل نواها مواقع قاعدية (شكل 10)، وقد توجد على أسطح هذه الخلايا أهداب أو خملات دقيقة. وفي بعض الحالات تظهر مادة مخاطية على أسطح هذه الخلايا كما في بطانة الجهاز التنفسي، وبشكل عام يقوم هذا النوع بوظيفة امتصاصية أو إفرازية، وقد يكون هذا النسيج بسيطاً أو طبقياً.

عمادي بسيط Simple Columnar

يوجد هذا النوع في بطانة قناة المبيض حيث تحمل خلاياه أهداباً تحرك الحيوانات المنوية و البويض، وكذلك في بطانة الأمعاء الدقيقة حيث تكثر الخملات الدقيقة على أسطح الخلايا لتساعد في رفع كفاءة الامتصاص وتظهر الخلايا العمادية المبطنة للأمعاء الدقيقة خلايا كأسية Goblet cells التي تفرز مادة مخاطية تلين مجرى الهضم (شكل 10).



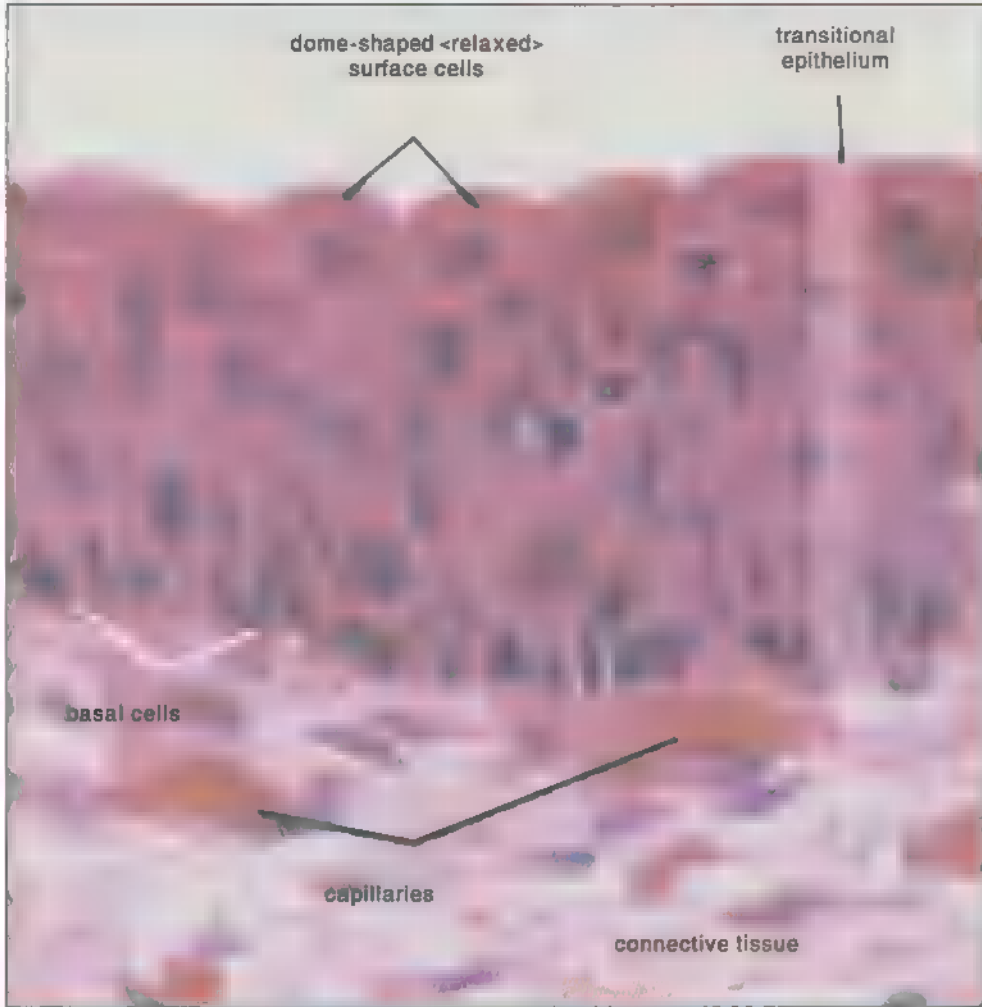
(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي عمادي بسيط كما في خملات الأمعاء الدقيقة (يسار). وصورة مكبرة لخلية كأسية (يمين).

ب. عمادي طبقي Stratified Columnar

هذا نوع نادر أيضاً، ويوجد في قنوات الغدد القنوية الكبيرة، وفي منخمة العين conjunctiva of the eye.

4.1.7 Transitional Epithelium طلائي انتقالي

يبتطن هذا النوع تجاويف المثانة البولية، والحالب والجزء العلوي من الإحليل، ويسمى هذا النسيج بالانتقالي لأن عدد طبقاته يتغير من حوالي ثلاث طبقات في حالة امتلاء العضو المحتوي كما في (المثانة البولية) إلى حوالي عشر طبقات عند إفراغها، وتكون الخلايا القاعدية في هذا النسيج عمادية بينما تكون الخلايا السطحية مقببة (شكل 11).

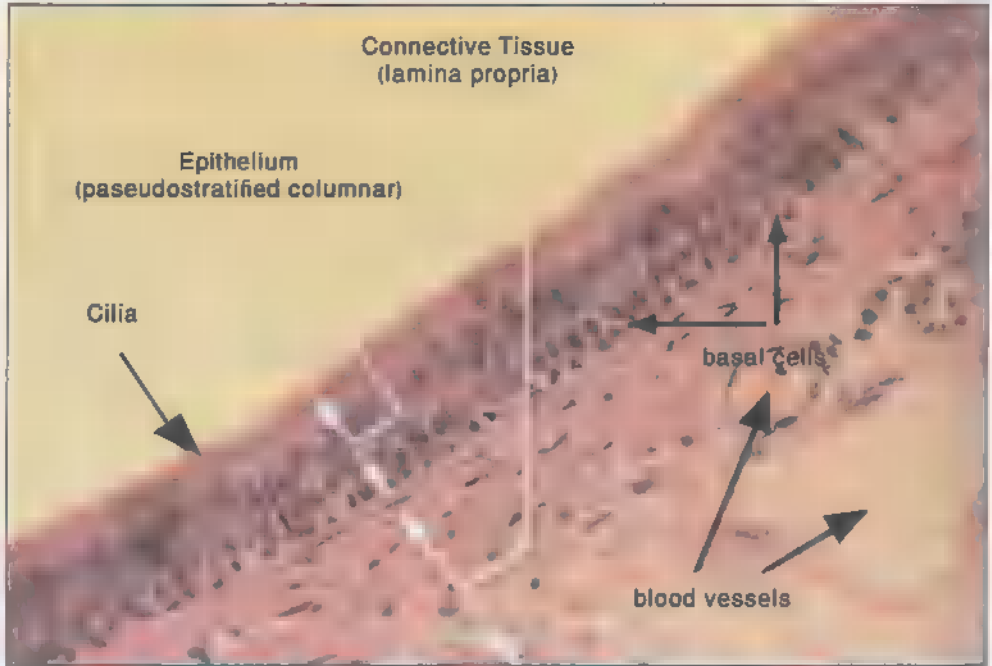


(شكل 11) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي انتقالي. كما في المثانة البولية.

5.1.7 طلائي طبقي كاذب Pseudostratified Epithelium

يتشكل هذا النسيج من خلايا عمادية مكنتزة، تتركز كلها على صفيحة قاعدية، بينما لا يصل إلا بعضها إلى السطح الحر للنسيج، وهذا ما يجعل نوى هذه الخلايا تبدو وكأنها في عدة طبقات (شكل 12). ويلاحظ بان الخلايا التي تصل إلى السطح لها شكل عمادي بقواعد متخصرة. أما الخلايا القاعدية basal cells التي لا تصل إلى السطح الحر فتكون قصيرة ومستديرة أحياناً، أو قد تأخذ شكلاً مغزلياً (شكل 12). ويوجد هذا النسيج في عدة أماكن في الجسم، من أبرزها بطانة القصبة الهوائية وتجويف الأنف والشعب التنفسية والبربخ، وفي هذه المواقع يكون النسيج

1



(شكل 12) صورة مجهرية ضوئية لنسيج طلائي طبقي كاذب كما في بطانة القصبة الهوائية. لاحظ الأهداب على أسطح الخلايا.

2.7 التصنيف حسب الوظيفة

تصنف الأنسجة الطلائية من ناحية وظيفية إلى مغطاة (أو مبطنة) وغدية. وبعد أن عالجتنا الأنسجة الطلائية المغطاة بأنواعها من حيث الشكل وعدد الطبقات، فإننا نتوقف عند الأنسجة الطلائية الغدية من حيث طبيعتها وأنواعها ومصدرها.

تتكون الأنسجة الطلائية الغدية من خلايا متخصصة بإفراز مواد سائلة تحتوي جزيئات كبيرة تنقل إلى الدم مباشرة، أو عبر قنوات تصل إلى مناطق محددة. وتصنع هذه السوائل المفرزة داخل الخلايا الغدية وتخزن في حويصلات غشائية تدعى حبيبات إفرازية secretory granules. وتختلف طبيعة الجزيئات المفرزة من الناحية الكيميائية، فقد تصنع الخلايا الغدية جزيئات بروتينية (في البنكرياس)، أو دهنية (في الغدد الدهنية في الجلد) أو مركبات من بروتينات ودهنيات وكربوهيدرات (في الغدد اللعابية)، وقد تفرز بعض الغدد، مثل الثديية، بروتينات ودهنيات وكربوهيدرات.

8. أنواع الأنسجة الظهارية الغدية

تكون الغدد إما أحادية الخلايا، مثل الخلايا الكأسية goblet cells التي توجد في بطانة الأمعاء الدقيقة (شكل 10) والمجاري التنفسية، وتقوم هذه الخلايا بإفراز مواد مخاطية تلين تلك المسالك. وقد تكون الغدد متعددة الخلايا، كما هو الحال في غالبية غدد الجسم، وتتخذ هذه الغدد أشكالاً مختلفة، ويمكن تصنيفها إلى عدة أنواع حسب المعايير التالية: وجود قناة أو عدمه، طريقة الإفراز، وطبيعة المادة المفرزة.

1.8 وجود قناة أو عدمها

يمكن أن تكون الغدد متعددة الخلايا قنوية exocrine، أي تصب إفرازها عبر قناة لتنتقل إلى أعضاء معينة في الجسم، أو قد تكون هذه الغدد صماء endocrine، حيث تصب إفرازها في الدم مباشرة. يوجد نوعان من الغدد الصماء وذلك بناء على تنظيم خلاياها: ففي النوع الأول تكون الخلايا حبالاً تنتشر بين الشعيرات الدموية. وهذا ما يلاحظ في الفص الأمامي للغدة النخامية، وفي النوع الثاني قد تحيط خلايا الغدد بحوصلة ممتلئة بالمادة المفرزة، كما في الغدة الدرقية. وتشكل الغدد القنوية من جزء إفرازي secretory portion تفرز خلاياه المادة المطلوبة، وقنوات ducts تنقل المادة المفرزة إلى الخارج. ويبين (شكل 13) أنواع هذه الغدد التي قد تكون بسيطة simple أو مركبة compound.

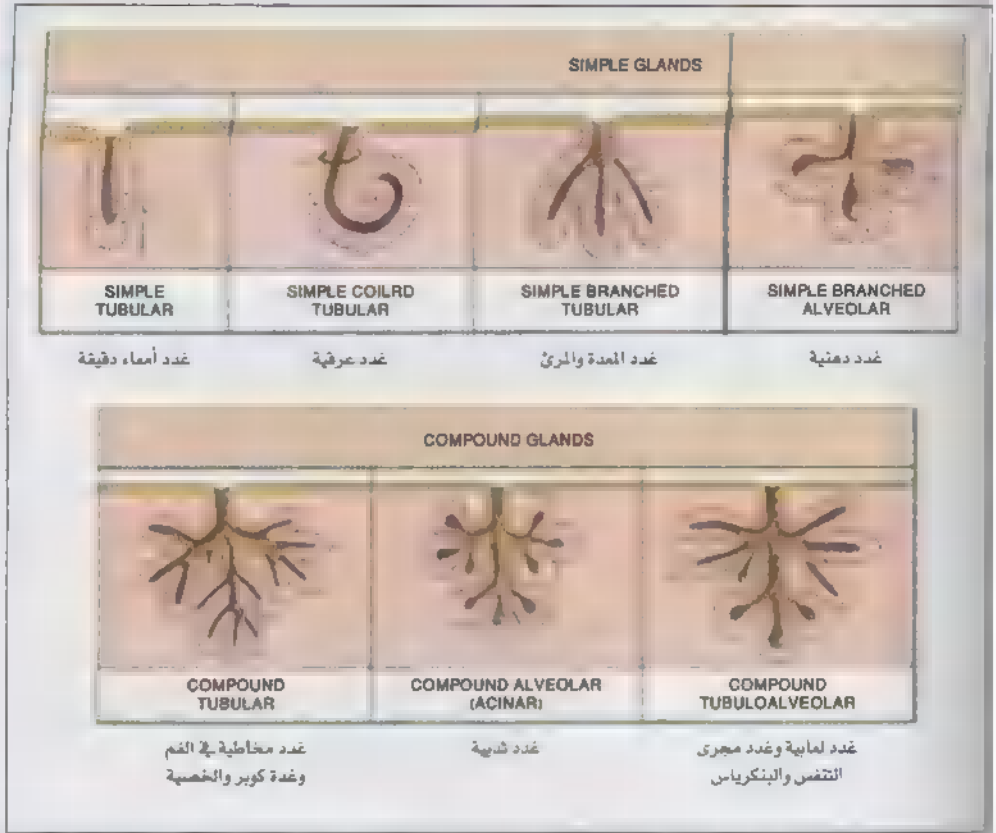
1.1.8 الغدد البسيطة Simple Glands

لهذه الغدد قناة واحدة غير متفرعة، ويمكن أن يكون جزؤها الإفرازي أنبوبياً tubular أو أنبوبياً ملتغاً coiled tubular أو أنبوبياً متفرعاً branched tubular أو عنقودياً متفرعاً branched acinar (شكل 13).

2.1.8 الغدد المركبة Compound Glands

تتوات هذه الغدد متفرعة، وأجزاؤها الإفرازية قد تكون أنبوبية tubular أو عنقودية acinar أو عنقودية أنبوبية tubbuloaciner (شكل 13).

تجدر الإشارة هنا إلى أن بعض الغدد تتشكل من جزء قنوي وآخر أصم. ففي البنكرياس مثلاً، تفرز الأجزاء العنقودية إنزيمات عبر قنوات لتصل إلى الأمعاء الدقيقة، بينما تفرز جزر لانجرهانس Islets of Langerhans هرموني إنسولين insulin وجلوكاجون glucagon إلى الدم مباشرة. وفي الكبد تفرز الخلايا بعض نواتجها، مثل الصفراء bile إلى قناة الصفراء لتصل إلى المرارة، وتفرز نفس الخلايا مواداً، مثل الألبومين albumin ومولد الليف fibrinogen إلى الدم. ويمكن اعتبار الخصية والمبيض غدداً صماء وقنوية في آن.

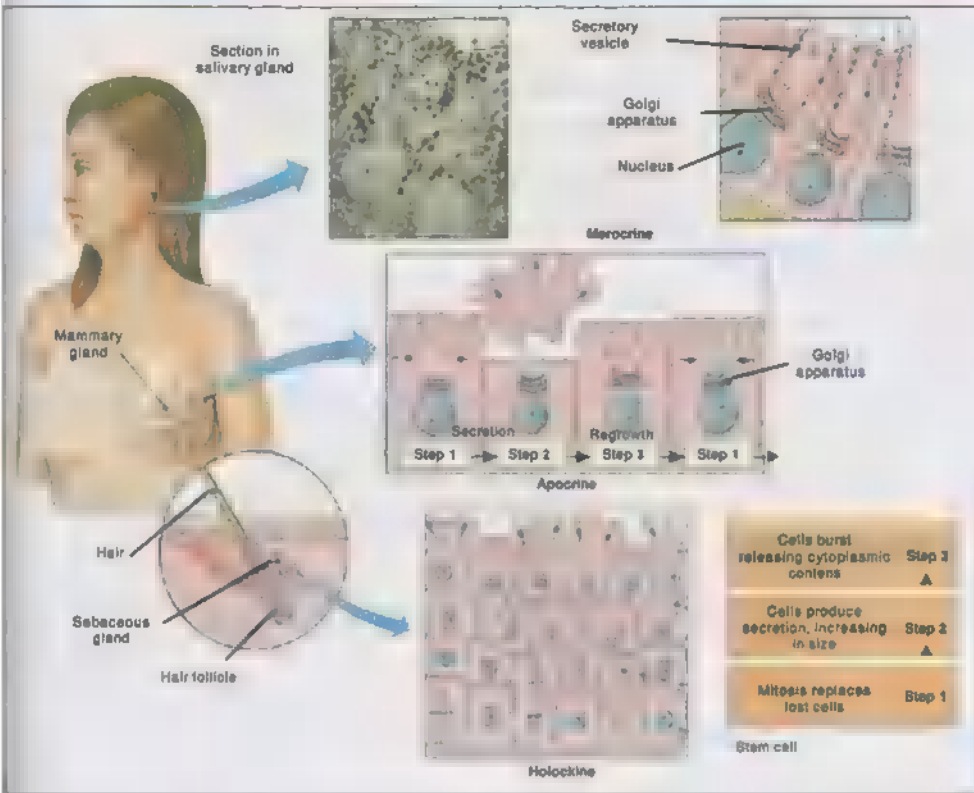


(شكل 13) أنواع الغدد القنوية.

طريقة إفراز المواد

على هذا الأساس تقسم الغدد إلى الأنواع التالية:

- كلية الإفراز holocrine، كما في الغدد الدهنية في الجلد، وفي هذه الحالة تطرح المادة المفرزة مع المحتوى الكلي للخلايا، أي أن الخلايا المفرزة تتحطم كلياً عند إفرازها (شكل 14).
- رأسية الإفراز apocrine، حيث تطلق المادة المفرزة مع أجزاء رأسية من السيتوبلازم، كما في الغدد الثديية (شكل 14).
- مجردة الإفراز merocrine، كما في البنكرياس والغدد اللعابية، وفي هذه الحالة تخرج المواد المفرزة من الخلايا مجردة من أي جزء منها، أي أن الخلايا تبقى سليمة (شكل 14).



(شكل 14) أنواع الغدد بالنسبة لطريقة الإفراز.

3.8 طبيعة المواد المفرزة

تصنف الغدد على هذا الأساس إلى:

أ. **مصلية serous**، وتفرز مواداً ذات قوام مائي، قد يحتوي إنزيمات، كما في البنكرياس، أو أملاحاً كما تفعل الغدد العرقية.

ب. **مخاطية mucous**، ويكون إفرازها مخاطياً، يحتوي مواداً بروتينية وسكرية، مثل غدد المريء والخلايا الكاسية goblet cells في بطانة الأمعاء الدقيقة والغليظة والقنبرة الهوائية.

ج. **مصلية مخاطية seromucous**، حيث يكون الإفراز مادة مصلية مخاطية، كما في أنبوب التنفس.

د. **دهنية sebaceous** ويكون إفرازها مادة دهنية، ويوجد هذا النوع في الغدد الدهنية في الجلد.

هـ. **ستيرويدية steroid**، حيث تفرز الغدد ستيرويدات لها نشاط هرموني، كما في الخصية والمبيض.

الفصل الثاني

الأنسجة الضامة

Connective Tissues

2

42.....4. مكونات الأنسجة الضامة.

56.....5. أنواع الأنسجة الضامة.

41.....1. خصائص الأنسجة الضامة.

41.....2. وظائف الأنسجة الضامة.

41.....3. منشأ الأنسجة الضامة.

2

يكتسب الجسم قوامه بواسطة الأنسجة الضامة وذلك من خلال مادة بينية تحتوي أليافاً تساعد في ربط الأعضاء والأنسجة مع بعضها. إضافة إلى ذلك، تقوم الأنسجة الضامة بوظائف هامة مثل الدعامة والحماية وإيصال الغذاء. ولتحقيق هذه الأنشطة، تتصف الأنسجة الضامة بسمات سنبينها تالياً. وفي هذا الفصل سنعالج خصائص ووظائف ومنشأ ومكونات وأنواع الأنسجة الضامة.

1. خصائص الأنسجة الضامة

- أ. تتكون الأنسجة الضامة من خلايا وألياف ومادة بينية، وتختلف هذه المكونات بكمها ونوعها من نسيج ضام لآخر. فالألياف، وعلى الرغم من شيوعها في معظم الأنسجة الضامة، إلا أنها لا توجد في بعضها، مثل الدم.
- ب. تكون المادة البينية طرية كما في معظم الأنسجة الضامة، أو شبه صلبة، كما في الغضروف، أو صلبة كما في العظم.
- ج. تغذي الأنسجة الضامة أوعية كثيرة، وهذا ما يؤهلها للعمل على إيصال المواد اللازمة للأنسجة الأخرى، خاصة الطلائية منها.

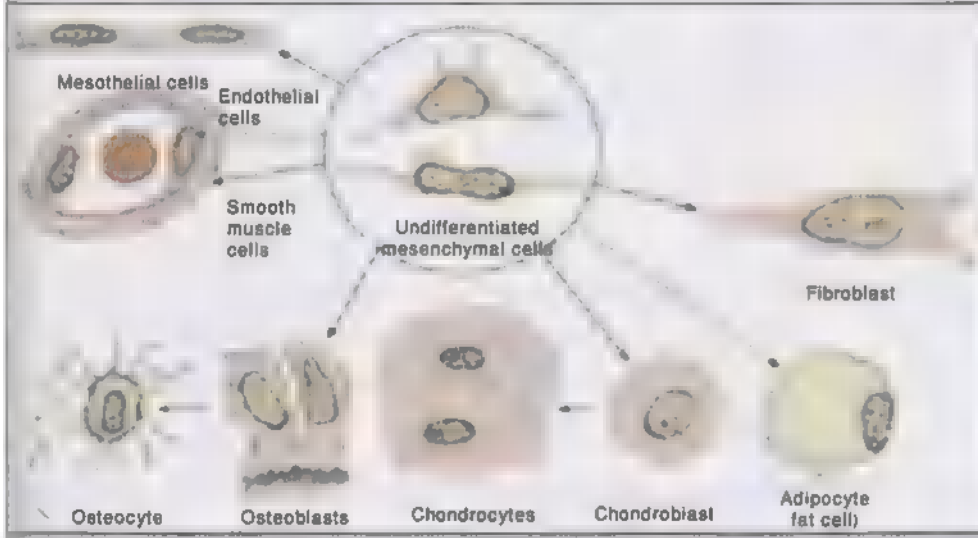
2. وظائف الأنسجة الضامة

- أ. الدعامة، ويتمثل ذلك في عظام العمود الفقاري و القفص الصدري والأطراف.
- ب. الحماية، وقد تكون ميكانيكية كما في الجمجمة التي تحمي الدماغ وكبسولات الأذن والعين والقفص الصدري الذي يحمي الرئتين والقلب، أو كيميائية حيث تلتهم بعض مكونات الأنسجة الضامة، مثل الخلايا الأكولة phagocytes، الأجسام الغريبة وتفككها بإنزيماتها. كذلك، فإن الخلايا البلازمية plasma cells تكون أجساماً مضادة تتحد مع الأجسام الغريبة، كالبيكتيريا والفيروسات، وتبطل مفعولها. كما أن الأنسجة الضامة تمنع انتشار الأحياء الدقيقة خلال شبكة أليافها.
- ج. التوسيد والتزود بالطاقة حيث تكون الخلايا الدهنية adipocytes أنسجة دهنية تؤسد أعضاء مثل الكلية والأمعاء.
- د. الضم، من خلال الأربطة ligaments التي تشد العظام إلى العظام والأوتار tendons التي تربط العضلات بالعظام، أو من خلال أغشية تربط الأنسجة العضلية والأنسجة العصبية بمحيطها.

3. منشأ الأنسجة الضامة

تنشأ معظم الأنسجة الضامة من خلايا الأدمة الوسطى mesoderm في الجنين، وتهاجر هذه الخلايا الجنينية من موقعها إلى عدة مواضع في الجسم حيث تحيط بالأعضاء وتخترقها.

ويسمى النسيج الضام الجنيني بـ **mesenchyme** ، الذي يتكون من خلايا ميزنشيمية **mesenchymal cells** ، تتصف بنوى بيضوية ونويات وافرة وكروماتين منتشر. أما سيتوبلازم هذه الخلايا فهو قليل، ويمتد كأذرع متعددة ودقيقة (شكل 1) . ويشغل الحيز بين الخلايا مادة لزجة تحتوي أليافاً قليلة. وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنسجة الضامة في منطقة الرأس تشتق من خلايا الأعراف العصبية **neural crest cells** التي تشتق بدورها من الأدمة الخارجية **ecto-derm**.



(شكل 1) منشأ خلايا الأنسجة الضامة من خلايا ميزنشيمية جنينية غير متميزة

4. مكونات الأنسجة الضامة

1.4 الخلايا

تكون بعض خلايا النسيج الضام ثابتة، وتعتبر مسؤولة عن تصنيع الألياف والمادة البينية. بينما تتجول خلايا أخرى للتخلص من حطام أنسجة تضررت من مواد خارجية، أو قد تعمل كخط دفاع ضد كائنات دقيقة يمكن أن تغزو الجسم. وتجدر الإشارة إلى أن الخلايا التي سنتحدث عنها تالياً لا توجد في كل أنواع الأنسجة الضامة، إذ أن ذلك يعتمد على نوع النسيج والوظائف التي يقوم بها.

1.1.4 الخلايا الليفيّة Fibroblasts

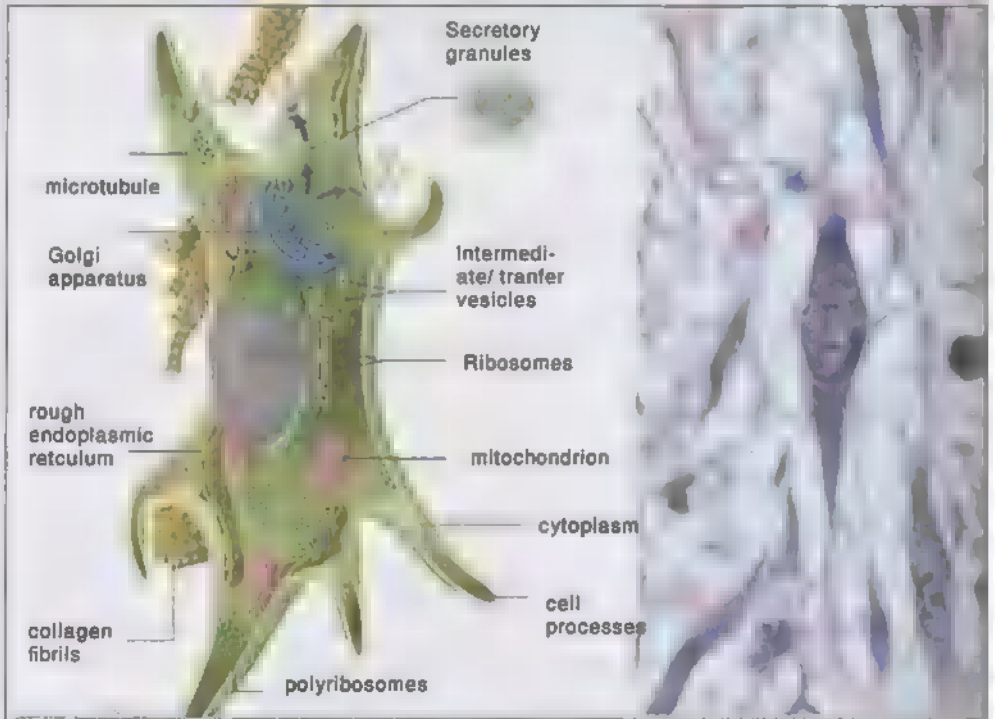
هذه الخلايا هي الأكثر شيوعاً، وهي معنية بتصنيع الألياف والمادة البينية، وقد تكون هذه الخلايا نشطة جداً أو ساكنة. ويطلق على الخلايا النشطة إسم **الخلايا الليفيّة النشطة fibroblasts** بينما تسمى الخلايا الساكنة بـ **الخلايا الليفيّة الناضجة fibrocytes**. وتمتاز الخلايا

2

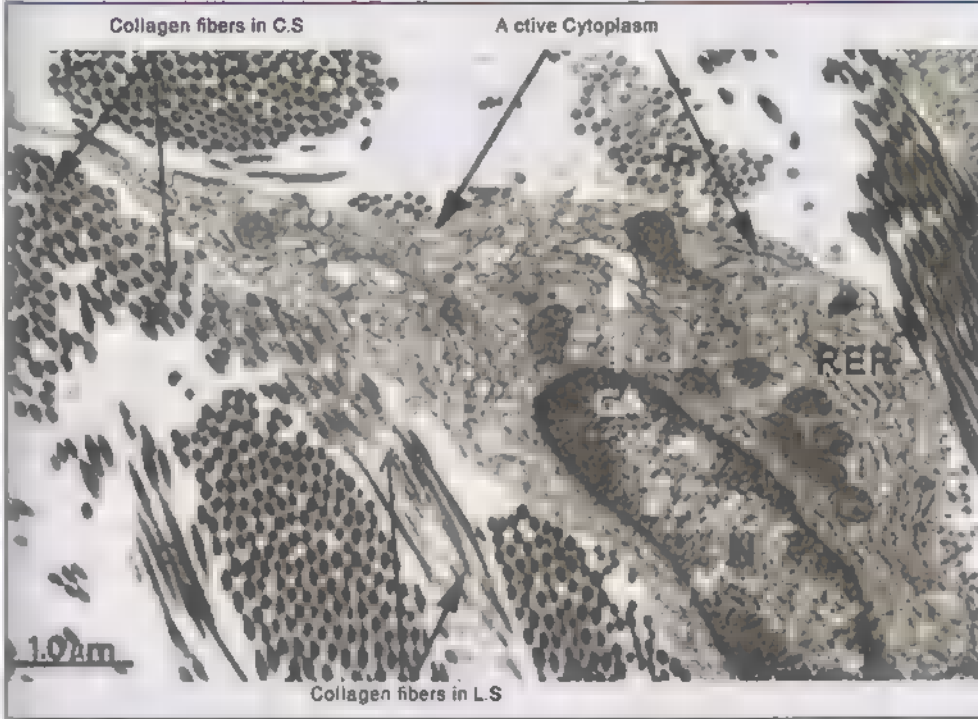
اليافعة بسيتوبلازم واخر متفرع، ولها نوى بيضوية كبيرة ونويات وافرة وكروماتين منتشر. كذلك، فإن سيتوبلازم هذه الخلايا يحتوي عدة ميتوكوندريا وشبكة إندوبلازمية خشنة كبيرة، علاوة على مركب جولجي واخر (شكل 2، 3). أما الخلايا الليفية الناضجة فلها شكل مفزلي، وبروزات قليلة ونوى داكنة وشبكة إندوبلازمية قليلة (شكل 2). ويمكن تحوّل الخلايا الناضجة الى خلايا يافعة أو الى خلايا ليفية عضلية يافعة myofibroblasts عند التئام الجروح. وفي الإنسان البالغ، نادراً ما تنقسم الخلايا الليفية إلا عند تعرض الأنسجة للجروح.

2.1.4 الخلايا الأكولة الكبيرة Macrophages

تنشأ هذه الخلايا من خلايا سلفية في نخاع العظم، وتنقسم لتكوّن خلايا أحادية monocytes تنتشر في الدم، ثم تهاجر إلى الأنسجة الضامة حيث تنضج وتكوّن خلايا أكولة كبيرة macrophages، وتتوزع الخلايا الأكولة الكبيرة في أنحاء الجسم، وتشكل نظام الخلايا الأكولة أحادية النوى mononuclear phagocyte system. ويطلق على هذه الخلايا الأكولة أسماء خاصة في مواقع مختلفة في الجسم، منها إسم خلايا كويפר Kupffer cells في الكبد، والخلايا الدبقية الدقيقة microglia cells في النسيج العصبي. وتعتبر الخلايا المفككة للعظم osteoclasts وكذلك الخلايا المفككة للغضروف chondroclasts جزءاً من هذا النظام.



(شكل 2) صورة مجهرية ضوئية لخلية ليفية ناضجة (يمين) ورسم لخلية ليفية يافعة كما تظهر في المجهر الإلكتروني (يسار)



(شكل 3) صورة مجهرية إلكترونية لخلية ليفية يافعة نشطة يافراز ألياف كولاجين. لاحظ أحد أذرعها ووفرة

أجسام جولجي (GA) والشبكة الإندوبلازمية (RER) والكروماتين المنتشر في النواة (N)

وتمتاز الخلايا الأكولة الكبيرة التي يتراوح قطرها بين 10-30 um بمدة خصائص، منها:

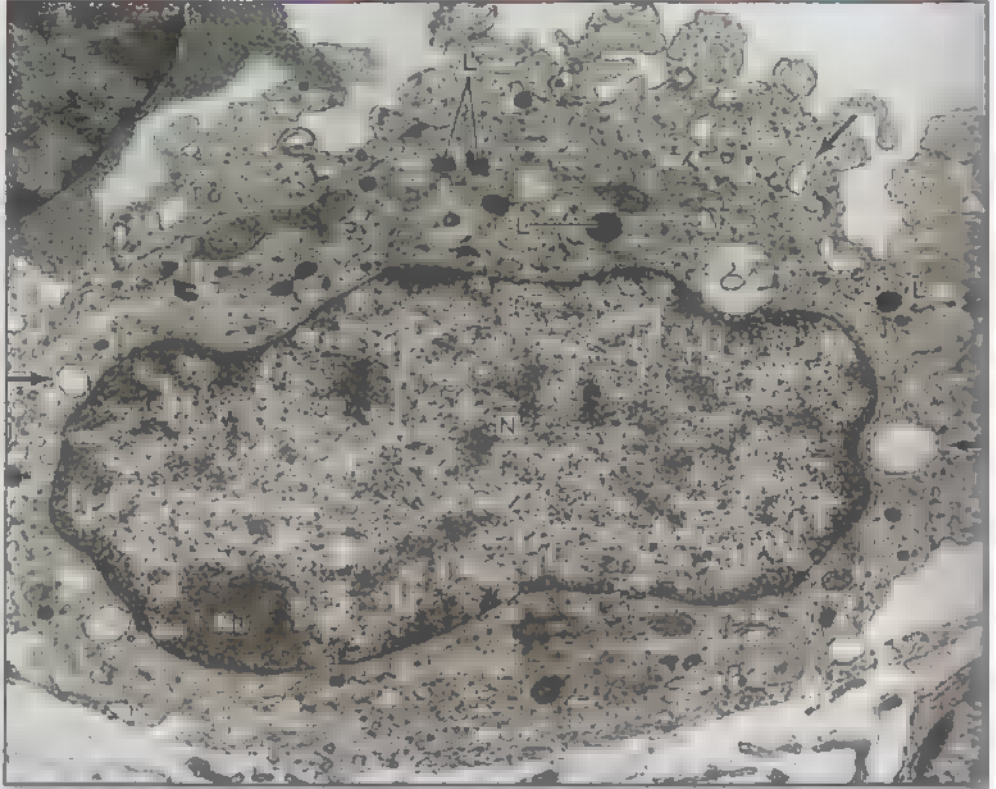
أ. لها بروزات عديدة، وهذه صفة معبرة عن أنشطة الشرب الخلوي pincoytosis والاكل الخلوي phagocytosis .

ب. تحتوي مركب جولجي وافر، وعدة أجسام حائه lysosomes، وشبكة إندوبلازمية بارزة (شكل 4).

ج. لها نوى كلوية الشكل ذات مواقع لا مركزية.

وتقوم الخلايا الأكولة الكبيرة بوظائف منها التهام الأجسام الغريبة مثل الفيروسات والبكتيريا والفطريات وغيرها، ثم تفكيكها بواسطة الأجسام الحالة. كذلك، فإن هذه الخلايا تفرز مواد مختلفة تساهم في ترميم الأنسجة المهترئة، وتفكيك خلايا الدم الحمراء الهرمة وتحويلها إلى مواد خام يستفاد منها.

2

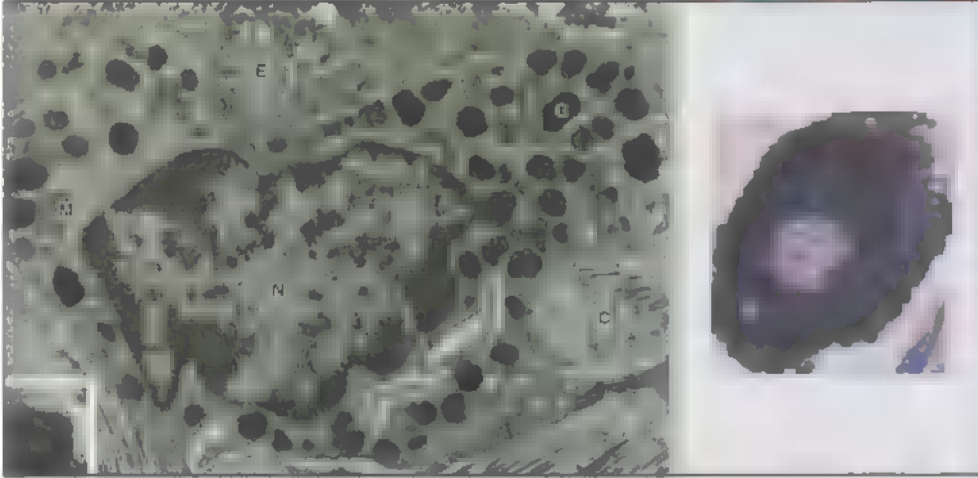


(شكل 4) صورة مجهرية إلكترونية لخلية أكولة كبيرة. لاحظ الأجسام الحالة (L) الكثيرة والنواة (N) والنوية (Nu) والأقدام الكاذبة في الجزء العلوي من الشكل

3.1.4 الخلايا الصارية Mast Cells

تتصف هذه الخلايا التي يتراوح قطرها بين 10 - 13 μm والتي تكون إما بيضوية أو دائرية الشكل، بالسمات التالية:

- أ. سيتوبلازم ممتلئ بـ حبيبات محبة للقواعد **basophilic granules** يتراوح قطرها بين 0.3 و 0.5 μm (شكل 5)، وهي محاطة بغشاء. وتحتوي مواد مثل هستامين **histamine** الذي يؤدي زيادة إفرازه إلى انقباض العضلات الملساء في الشعبات التنفسية وتوسيع الشعيرات الدموية وزيادة نفاذيتها، و **heparin** الذي يمنع تخثر الدم.
 - ب. ميتوكوندريا قليلة العدد وصغيرة الحجم، وشبكة إندوبلازمية قصيرة ومركب جولجي وافر.
- تعتبر المهمة الأساسية للخلايا الصارية تخزين المواد المعنية في الاستجابة للالتهابات، إضافة إلى إطلاق مواد كيميائية تعزز تفاعلات الحساسية الفورية **immediate hypersensitivity reactions**، ذلك أن هذه التفاعلات تحدث خلال دقائق من دخول جسم غريب (مولد ضد **antigen**) لشخص كان قد تعرض لنفس الجسم أو لمادة مشابهة سابقاً.



(شكل 5) صورة مجهرية ضوئية لخلية صارية وفيها وفرة من الحبيبات (يمين). وصورة مجهرية إلكترونية لهذه الخلية (يسار). G = حبيبات؛ M = ميتوكوندريا؛ N = نواة

4.1.4 الخلايا البلازمية Plasma Cells

توجد هذه الخلايا بوفرة في مواقع معرضة لاختراق البكتيريا والأجسام الغريبة، إضافة إلى المناطق المصابة بالتهاب مزمن. و تقوم الخلايا البلازمية بإنتاج أجسام مضادة تتفاعل مع أجسام غريبة وتبطل مفعولها. ومن المناطق الغنية بالخلايا البلازمية بطانة الأمعاء، ولهذه الخلايا صفات أهمها:

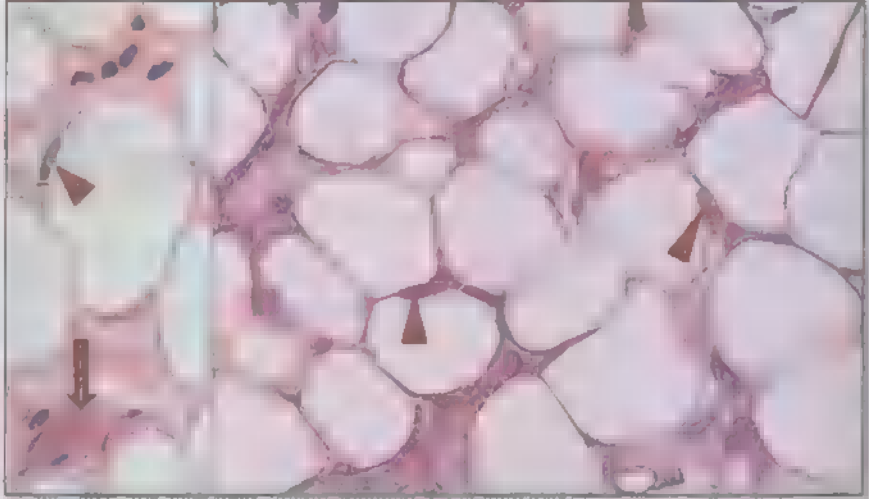
- أ. شكل بيضوي وسيتوبلازم محب للقواعد، غني بشبكة إندوبلازمية خشنة.
- ب. مركب جولجي قريب من نواة تحتوي كروماتين منشتر، يتعاقب مع كروماتين كثيف يتوزع على هيئة كتل تحيط بالنواة.

5.1.4 الخلايا الدهنية Adipocytes

تقوم هذه الخلايا بتخزين الدهون وإنتاج الطاقة، وتنشأ من خلايا ميزنشيمية تتحول إلى خلايا دهنية يافعة lipoblasts تحتوي قطيرات دهنية fat droplets لا تحاط بأغشية (شكل 6). وقد تندمج هذه القطيرات لتشكل قطيرة واحدة كبيرة تدفع بالنواة إلى حافة السيتوبلازم، لتشكل عندئذ خلية دهنية أحادية الحجيرة unilocular (شكل 6)، أو قد تكون هذه القطيرات أكبر حجماً لتشكل خلية دهنية متعددة الحجيرات multilocular.

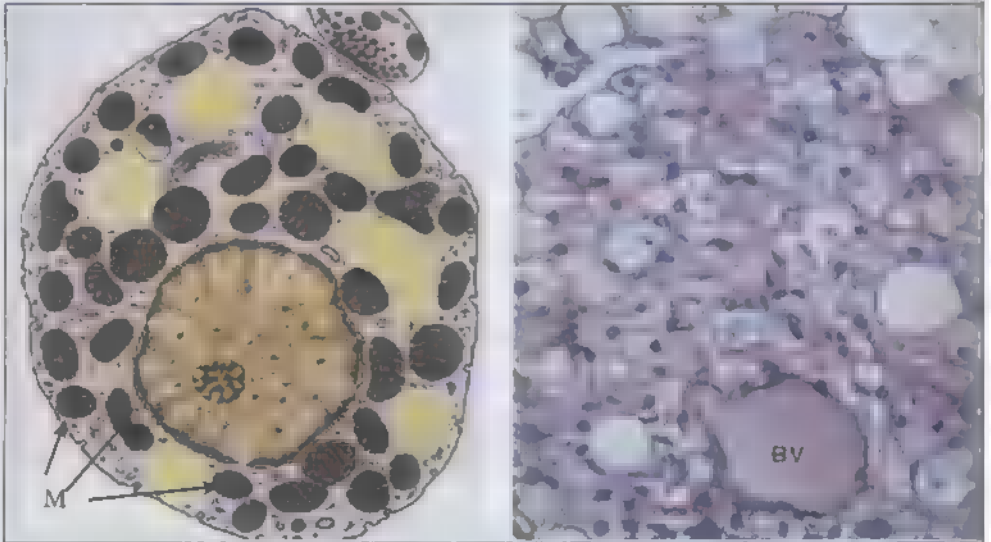
وفي الإنسان البالغ يتكون معظم النسيج الدهني من خلايا أحادية الحجيرة unilocular. وفي هذا النسيج تكون الخلايا كروية الشكل ذات قطر يتراوح بين 15 و 50 μm . ونظراً لأن الكحول والزايلين يزيلان الدهون من النسيج الدهني أثناء تحضير شرائح منه، فإن خلاياه تبدو كحلقة سيتوبلازمية تحيط بتجويف خال من المادة الدهنية (شكل 6).

2



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لخلايا نسيج دهني أحادية الحجيرات (يمين). وخلية دهنية يوجد بينها وبين خلايا دهنية مجاورة وعاء دموي (سهم). تحت يسار). ثنين رؤوس الأسهم نوى خلايا دهنية.

وفي الجنين والوليد تكون خلايا النسيج الدهني متعددة الحجيرات، وبشكل هذا النسيج الدهني البني brown fat، وفيه وفرة من الأوعية الدموية والخلايا الغنية بالميتوكوندريا والسيتوكرومات cytochromes. ولخلايا هذا النسيج نوى مركزية ووفرة من قطيرات الدهن متعددة الأحجام (شكل 7).



(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية لخلايا نسيج دهني بني متعددة الحجيرات (يمين). لاحظ النوى المركزية والحجيرات المتعددة في الخلايا. وإلى اليسار، رسم يبين تركيب هذه الخلايا كما تظهر في المجهر الإلكتروني. لاحظ وفرة الميتوكوندريا والحجيرات الدهنية بلون أصفر. BV = وعاء دموي = M = ميتوكوندريا

6.1.4 خلايا الدم البيضاء (Leukocytes) White Blood Cells

كثيراً ما توجد خلايا الدم البيضاء في النسيج الضام، ذلك أنها تعبر بين الخلايا المبطنة للشعيرات والوريدات من خلال عملية إنسلاخ *diapedesis*، وتزداد أعدادها في الأنسجة الملتهبة. ومما يجدر ذكره أن هذه الخلايا لا تعود إلى مجرى الدم بل تبقى متجولة في النسيج الضام. وكما سنبين عند دراستنا أنواع خلايا الدم البيضاء في فصل لاحق، فإن الوظيفة الدفاعية لهذه الخلايا تتمثل باحتوائها أعداداً كبيرة من الحبيبات المحتوية أجساماً حالة *lysosomes* التي تفكك الأجسام الغريبة عند دخولها الجسم.

2.4 الألياف الضامة

الألياف الضامة هي ميلمرات بروتينية طويلة ونحيفة توجد بنسب متفاوتة في الأنسجة الضامة المختلفة. وتقسم هذه الألياف إلى ثلاثة أنواع هي: كولاجين *collagen*، ومرنة *elastic*، وشبكية *reticular*. وتشكل الألياف الكولاجينية والشبكية من البروتين كولاجين، بينما تتألف الألياف المرنة من البروتين *elastin*. وفي كل الحالات، تتكون مولدات هذه الألياف في الخلايا الليفية ثم تطلق إلى خارجها، وهذا ما سنشير إليه لاحقاً. وسنعالج فيما يلي أنواع هذه الألياف.

1.2.4 ألياف كولاجين Collagen Fibers

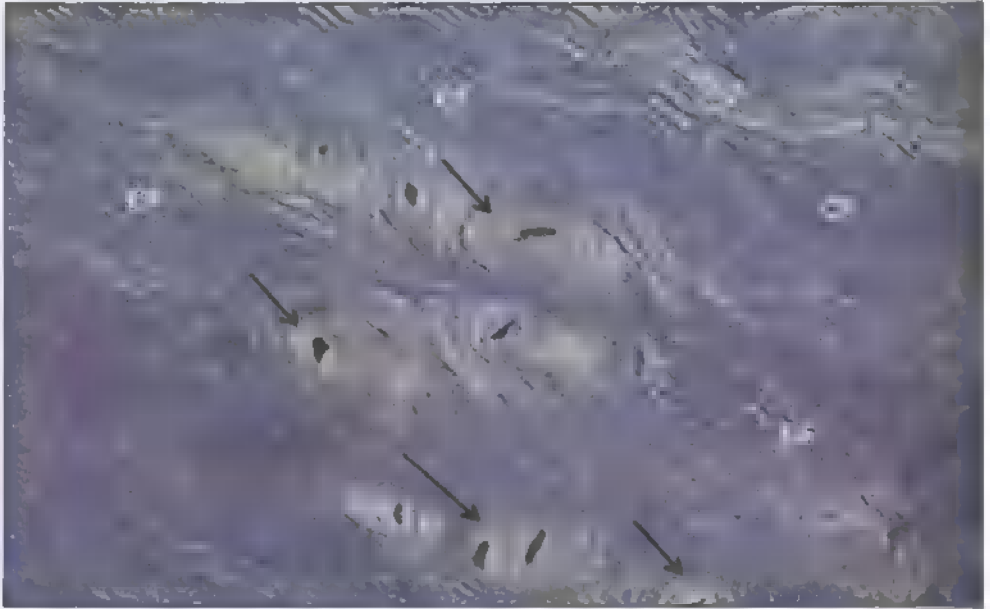
تنتشر هذه الألياف بوفرة في جسم الإنسان، ويشكل بروتينها (كولاجين) حوالي 30% من الوزن الجاف للجسم. ولألياف كولاجين لون أبيض عندما تنتظم في حزم كبيرة، كما في الأوتار. ولذلك يطلق عليها اسم الألياف البيضاء. وتصنع هذه الألياف من خلايا ليفية أو غضروفية أو عظمية.

أ. سمات ألياف كولاجين

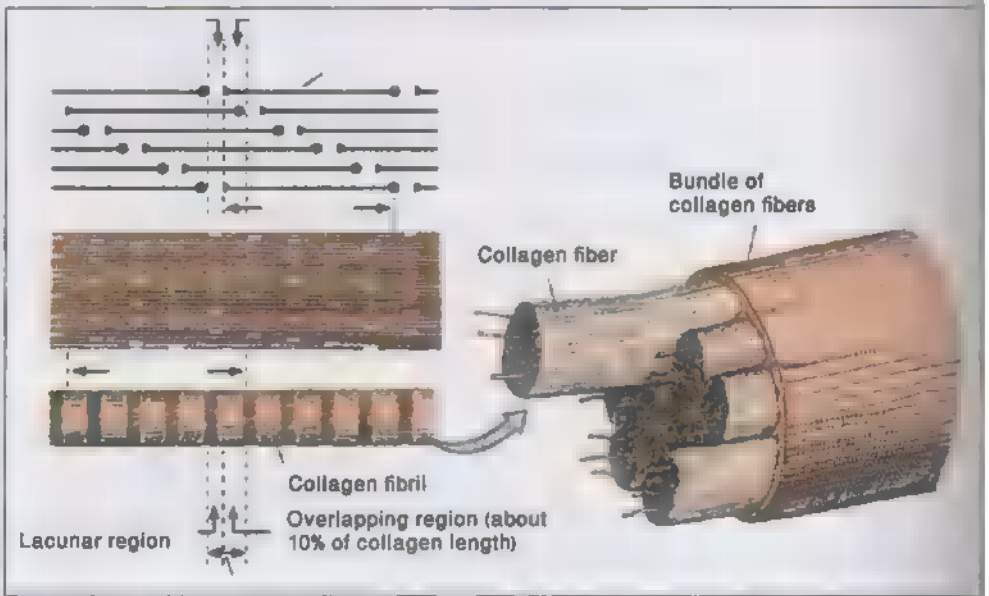
- عدم القابلية للتمدد حيث أن لها مقاومة شد أكثر من الفولاذ.
- تظهر بمسارات متعرجة، وهذا ما يجعل دراستها في تحضيرات مجهرية كاملة، مثل المساريق *mesentery*، أفضل من دراستها في مقاطع من أنسجة ضامة (شكل 8).
- لها قطر يتراوح بين 1-20 μm ، وطولها غير محدد.
- تظهر بلون وردي عند صبغ التحضير بصبغة إيوسين *eosin*.
- تتكون من لبيقات *fibrils* متراصة، يتراوح قطرها بين 20-90 nm. ولهذه اللبيقات تخطيطات عرضية تتكرر كل 64 nm، (شكل 8) وقد تنتظم اللبيقات لتشكل أليافاً أو حزماً (شكل 9). ويعتمد هذا التكرار على التنظيم المتداخل لجزيئات تروبوكولاجين *tro-* *pocollagen* التي تشكل وحدات تركيب اللبيقات.
- تنتظم على هيئة حزم قد تكون فيها الألياف متوازية، كما في الأنسجة الضامة الكثيفة

2

المنتظمة dense regular connective tissue أو مبعثرة، كما في الأنسجة الضامة
الرخوة areolar (loose) connective tissues.



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لألياف كولاجين.



(شكل 9) رسم لتنظيم جزيئات كولاجين على هيئة ليفيات أو ألياف أو حزم

تتكون ألياف كولاجين من عدة أنواع من البروتين كولاجين، وبينت البحوث بأنه يمكن تصنيع هذه البروتينات في أنواع خلوية مختلفة وذلك كما يتضح من الجدول التالي:

جدول (1): مصادر تكوين أنواع كولاجين وتركيبها ووظائفها

نوع الكولاجين	الخلية المصنعة	مكان وجوده	التركيب الدقيق	الوظيفة
I	الليفية، المظمية، الفصروفية، العاجية	أدمة الجلد: الأوتار، العظم: الفصروف النقي: العاج: الأذن والعين	ليبيفات محزّمة بكثافة لتكوين ألياف	مقاومة الشد والقوتر.
II	الخلايا الفصروفية	الفصروف الزجاجي والفصروف المرن	تكون الليبيفات مطمورة في المادة الأرضية	مقاومة الضغط المتقطع
III	الخلايا الليفية والعظمية والشبكية وخلايا شقان والكبد	العصل الأملس وأغشية الألياف العصبية: الشرايين والرحم والكبد	ليبيفات رخوة لها أقطار متجانسة	دعم التركيب التي تتعرض للتمدد.
IV	الأنسجة الطلائية: الأوعية الدموية: خلايا شقان	الصفائح القاعدية للأنسجة الطلائية والعظمية وبطانة الأوعية الدموية	لا تظهر ليبيفات أو ألياف	الدعامة والترشيح

ب. تصنيع ألياف الكولاجين

يبدأ تصنيع كولاجين داخل الخلايا الليفية والخلايا الأخرى التي أشرنا إليها وذلك عبر المراحل التالية (شكل 10).

1. تصنيع جزيء mRNA لكل نوع من سلاسل ألفا الثلاثة المتعددة الببتيد التي تكوّن جزيء كولاجين (اثنان من نوع ألفا 1 وثلاثة من ألفا 2)، ثم انتقال جزيئات mRNA من النواة إلى الريبوسومات على سطح الشبكة الإندوبلازمية حيث تصنع هذه السلاسل.
2. إدخال السلاسل المذكورة إلى الشبكة الإندوبلازمية على هيئة جزيئات ما قبل الكولاجين الأولي **preprocollagen molecules**. ثم يلي ذلك إزالة الببتيد المؤشر **signal peptide** (الذي يحدد إدخال تلك السلاسل)، وبذلك يتكون الكولاجين الأولي **procollagen**.
3. إضافة مجموعات هيدروكسيل (OH^-) إلى الحمضين الأمينيين **proline** و **lysine** حيثما وجدا في متعدد الببتيد، ويتم ذلك في الشبكة الإندوبلازمية (شكل 10).
4. ربط جزيئات **galactose** و **glucose** وجلوكوز إلى الحمض الأميني هيدروكسي **hydroxyproline** حيثما وجدا في متعدد الببتيد (شكل 10)، وتجدر الإشارة هنا إلى أن أنواعاً مختلفة من الكولاجين تحمل كميات من هذين الجزيئين (جلوكوز و جالاكتوز).
5. تجميع سلاسل ألفا متعددة الببتيد الثلاثة على هيئة لولب ثلاثي. ويمرّاجعة الشكل 10 يتبين

2

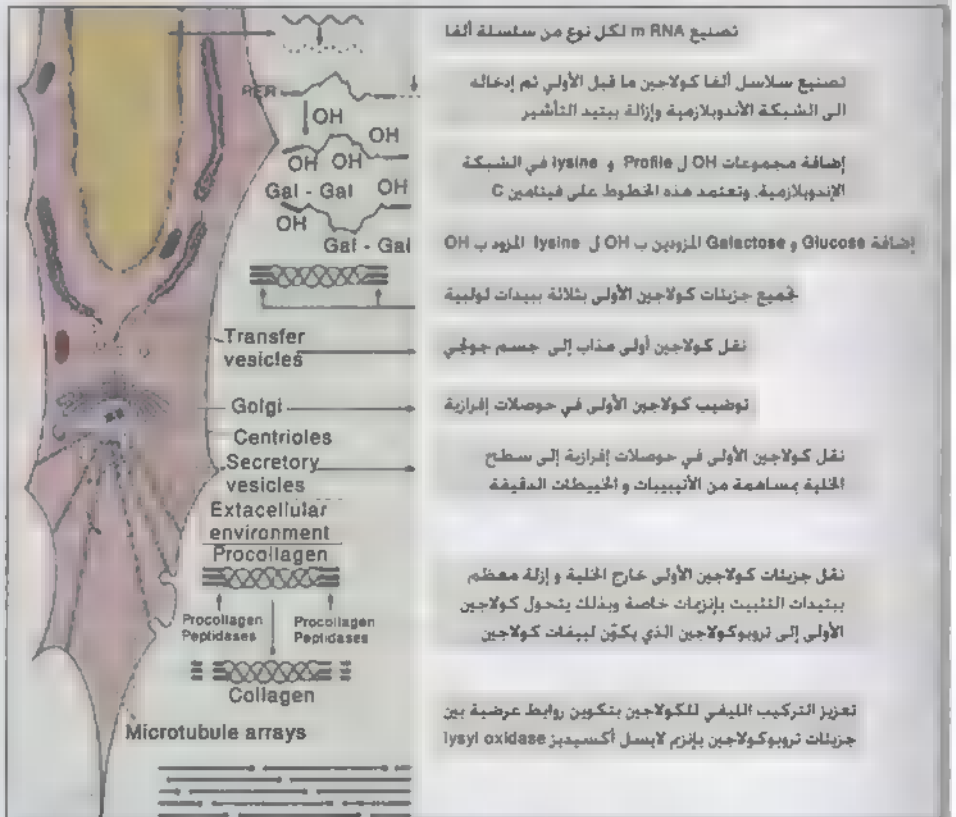
أن لكل سلسلة ألفا مجموعة ببتيديات زائدة عند طرفي السلسلة (أي طرفي $-NH$ و $-COOH$) وتسمى هذه الزوائد ببتيديات التنسيق **registration peptides**. ويرجع أن لهذه الزوائد دوراً في منع ترسب جزيئات الكولاجين الأولي على هيئة ليفيات كولاجين داخل الخلايا.

6. نقل جزيئات كولاجين الأولي إلى حوصلات إفرازية في مركب جولجي حيث يتم رزمها ثم تحريكها بمساعدة الأنبيبيات الدقيقة والخييطات الدقيقة إلى سطح الخلية الليفية (شكل 10).

7. إخراج جزيئات كولاجين الأولي من الخلايا الليفية إلى الحيز بين الخلايا، حيث تزال معظم ببتيديات التنسيق غير اللولبية بفعل إنزيمات خاصة، لتتحول بذلك جزيئات كولاجين الأولي إلى جزيئات تروبو كولاجين **tropocollagen** المترسب (شكل 10).

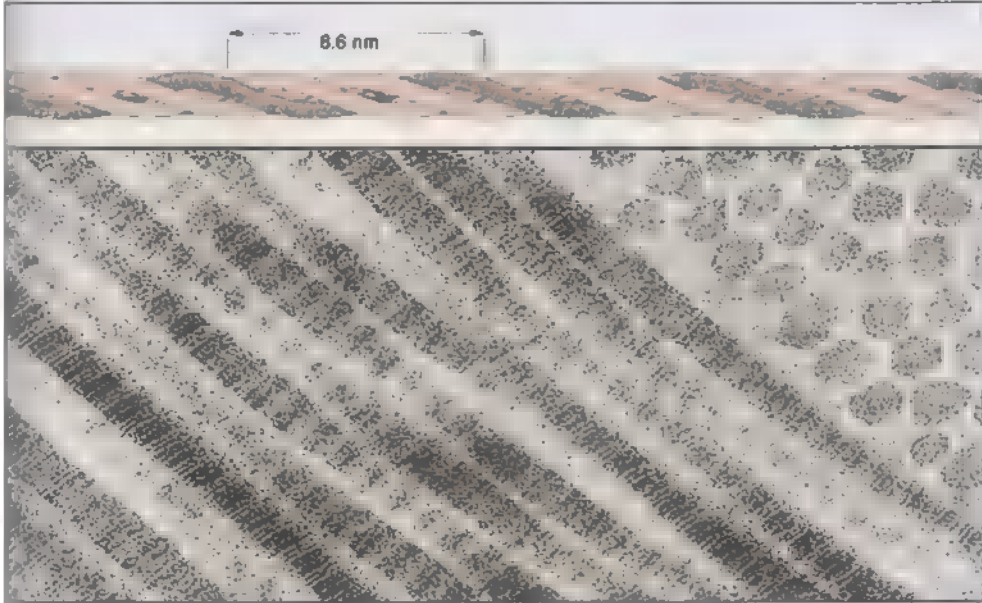
8. تجمع تروبو كولاجين على هيئة ليفيات كولاجين (شكل 10)، ولهذه الليفيات قطر يتراوح بين 90-20 nm، كما أن لها تخطيطات عرضية تتكرر كل 64 nm (شكل 11).

9. تقوية تركيب الليفيات بروابط تساهمية بين جزيئات تروبو كولاجين.



(شكل 10) رسم يبين مراحل تصنيع جزيئات كولاجين

10. تجمع اللييفات في جزيئات كولاجين من نوعي I وIII لتكون أليافاً ومن ثم حزمًا. أما في كولاجين من نوع II (كما في الغضروف)، فتبقى اللييفات كما هي دون تجمعها بشكل ألياف. وكما هو متوقع، فإن أي خلل في المراحل التي ذكرت يؤدي إلى أمراض مختلفة مثل تمزق الأوتار، والأمعاء الدقيقة ومقلة العين، وعدم كفاءة عضلات القلب وتفكك العظم، ويؤدي تكديس ألياف كولاجين في عضو ما إلى حالة تصلب sclerosis، كما قد يحدث في الجلد والكلية والأنبوب الهضمي والعضلات، الأمر الذي يقلل من مرونة الأعضاء المذكورة. وإذا وجدت ألياف كولاجين بكميات كثيرة جداً، كما يحدث في جلود السكان السود والأفارقة، تنشأ انتفاخات جلدية تسمى الجدرية .keloid



(شكل 11) فوق: السلاسل الببتيدية الثلاث لجزيئ كولاجين، اثنان من نوع ألفا 1 وتظهر بلون فاتح وثلاثة من النوع ألفا 2 وتظهر بلون داكن؛ تحت: صورة مجهرية إلكترونية للييفات كولاجين في مقاطع عرضية (زاوية يمين) وطولية (زاوية يسرى)

2.2.4 الألياف الشبكية Reticular Fibers

لهذه الألياف خصائص عديدة من أهمها:

أ. قطر دقيق يتراوح بين 0.5 و 2.0 μm .

ب. تكوين شبكة ليفية في الأعضاء الليمفاوية وفي الأنسجة العضلية وأغشية الألياف العصبية.

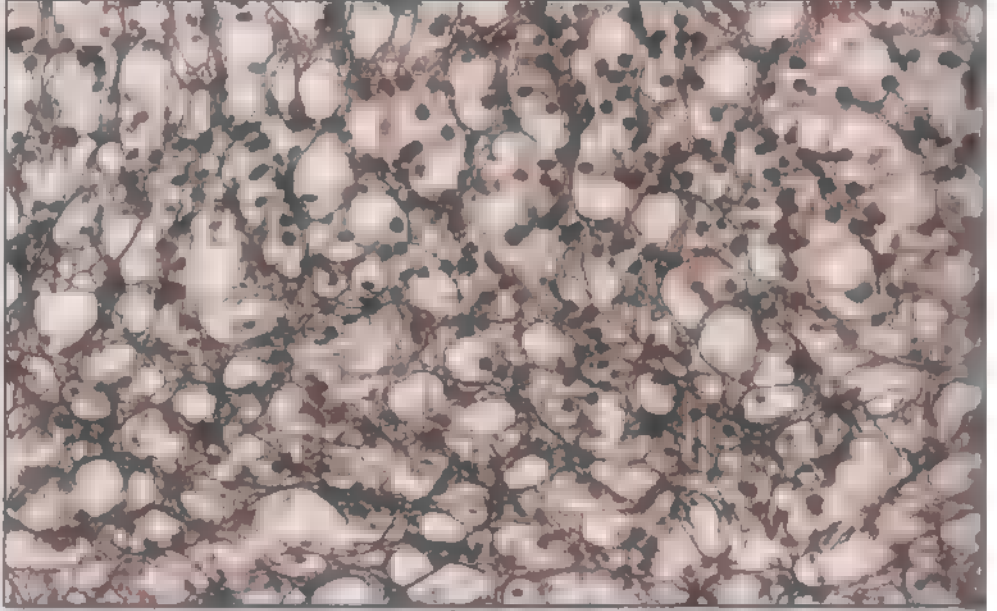
ج. لا تظهر في التحضيرات المجهرية المصبوغة بهيماتوكسيلين وأيوسين، وترى بوضوح عند صبغ المقاطع بأملاح الفضة، ولهذا توصف الألياف بأنها محبة للفضة (argyrophilic) (شكل 12).

د. تتفاعل إيجابياً بتفاعل P.A.S، ويعود هذا، كما التفاعل السابق مع أملاح الفضة، إلى

الكميات الكبيرة من البروتينات الكربوهيدراتية المرتبطة بهذه الألياف، إذ أن نسبة السكريات

السداسية hexoses تتراوح بين 6 % و 12 % في الألياف الشبكية مقارنة بـ 1 % في ألياف كولاجين.

هـ. تتشكل من كولاجين نوع III (مقارنة بنوع I في ألياف كولاجين) الذي يرتبط مع أنواع أخرى من كولاجين ومع بروتينات كربوهيدراتية وكربوهيدرات بروتينية. وتجدر الإشارة إلى أن معظم الأنسجة الضامة تحتوي وفرة من الألياف الشبكية أثناء التكوين الجنيني وكذلك عند التئام الجروح، غير أنها تستبدل بألياف كولاجين فيما بعد.



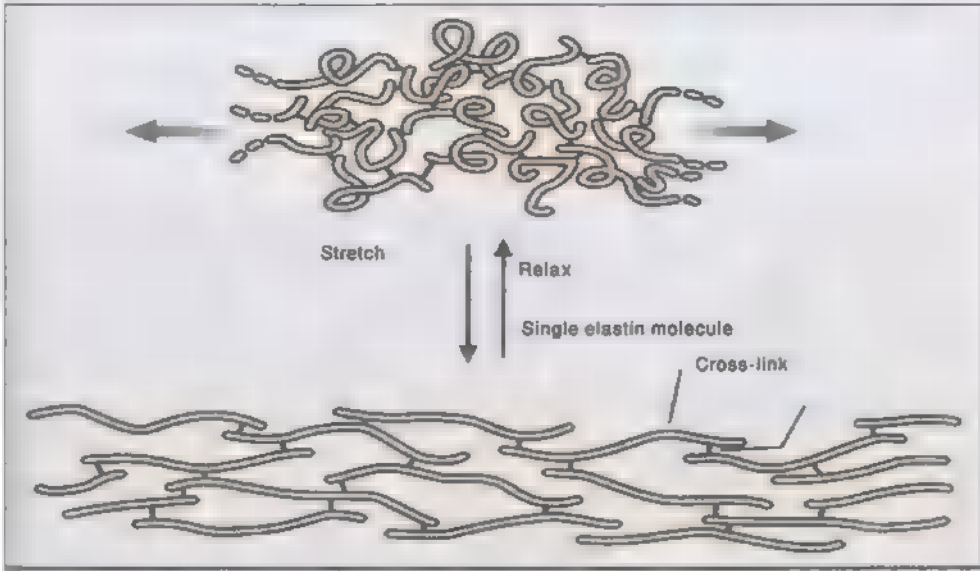
(شكل 12) صورة مجهرية ضوئية لألياف شبكية في الطحال

3.2.4 الألياف المرنة Elastic Fibers

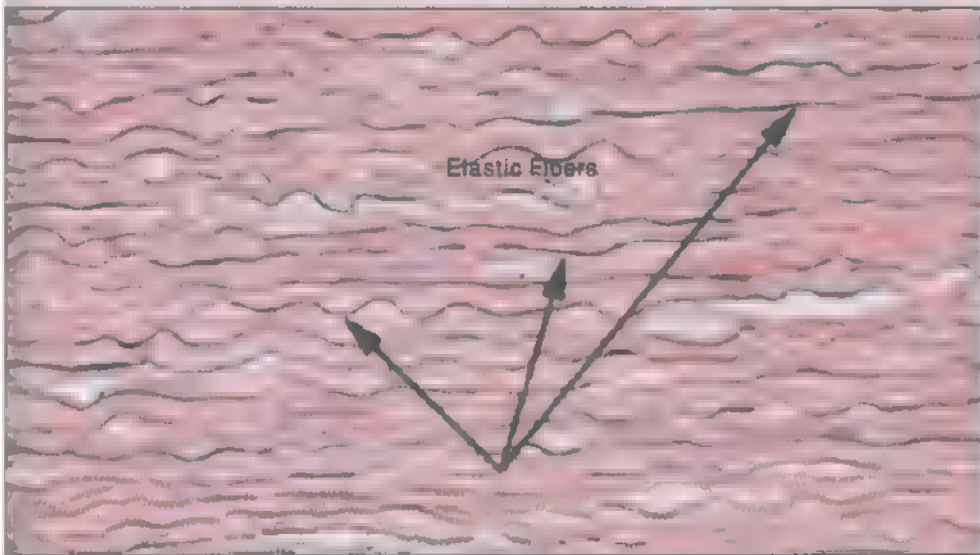
تتصف هذه الألياف بالسمات التالية:

- أ. تتشكل من البروتين الكربوهيدراتي الاستين elastin ذي المرونة العالية. ويحتوي هذا البروتين نسبة عالية من جلايسين glycine وبرولين proline كما في جزيء كولاجين، غير أنها تحتوي هايدروكسي برولين hydroxyproline أقل. ويعتقد أن الصفة المطاطية لجزيء الاستين تعود لوجود مركبين أمينيين هما دسموسين desmosine ومثيل دسموسين isodesmosine اللذين يتكونان نتيجة تفاعلات تساهمية بين أربع مجموعات لايسين lysine (شكل 13).
- ب. توجد في الأنسجة إما فرادى، أو على هيئة طبقات تشكل أغشية متقببة fenestrated membranes، كما في جدر بعض الأوعية الدموية، وخاصة الشرايين الكبيرة كالأبهر.
- ج. لا تظهر بالتحضيرات المجهرية الضوئية إلا عند صبغها بمادة أورسين orcein (شكل 14).

د. تقل مرونتها بتقدم السن، ونتيجة لذلك تنشأ مواقع تكلس في الشرايين، كما تتناقص مرونة الجلد.



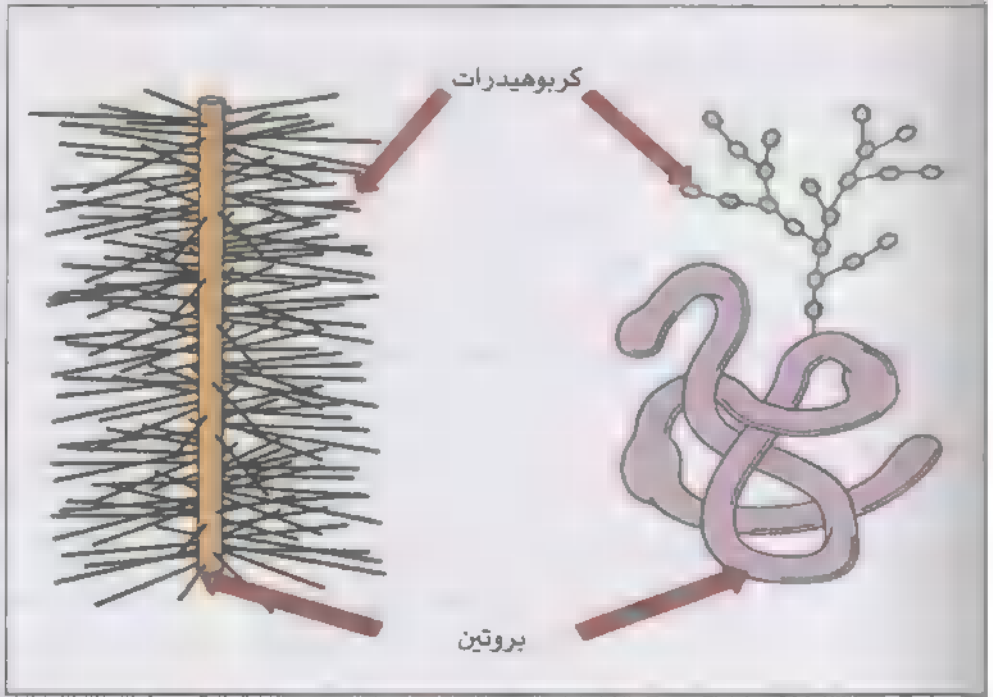
(شكل 13) ترابط جزيئات الإلستين



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية للألياف المرنة كما تظهر في جدار الأهر aorta

3.4 المادة الأرضية Ground Substance

تتشكل هذه المادة من معقد بروتينات كربوهيدراتية **glycoproteins** وكربوهيدرات بروتينية **proteoglycans** يملأ الحيز بين خلايا وألياف الأنسجة الضامة، ويساهم بالتالي بربطها مع بعض. وتعمل هذه المادة اللزجة كملين وكحاجز يمنع اختراق الأجسام الغريبة للأنسجة الضامة. تتكوّن الكربوهيدرات البروتينية من لب بروتيني **protein core** طويل يرتبط بكربوهيدرات تدعى جلايكوز أمينو جلايكاز **glycosaminoglycans**، تماماً مثل فرشاة أنبوب اختبار (شكل 15). وهذه الكربوهيدرات هي سكريات متعددة مستقيمة تتشكل من سكريات ثنائية متكررة، عادة ما تتكون من حمض يورونيك **uronic acid** وهكسوز أمين **hexosamine**. وتبلغ نسبة الكربوهيدرات في هذه المادة الأرضية حوالي 90%. ويظهر الجدول 2 أنواع جلايكوز أمينو جلايكاز الرئيسة من حيث تركيبها وتوزيعها وتفاعلها مع كولاجين.



(شكل 15) التنظيم الجزيئي في المادة الأرضية للانسج الضام. البروتين الكربوهيدراتي (يمين) والكربوهيدرات البروتيني (يسار)

جدول (2): أنواع جلايكوز أمينو جلايكاز: التركيب والتوزيع والتفاعل مع كولاجين

التفاعل مع كولاجين	التوزيع	السكريات الثنائية المتكررة		النوع
		هكسوز أمين	حمض يورونيك	
غير معروف	الحبل السري: الغضروف	جلوكوز أمين D. glucosamine	حمض جلوكورونيك D. glucuronic acid	حمض هياالورنيك hyaluronic acid
تفاعل مع كولاجين II	العظم، الجلد: الغضروف	جالاكتوز أمين D. galactosamine	حمض جلوكورونيك D. glucuronic acid	4. سلفات كوندرويتين chondroitin sulfate
تفاعل قليل مع كولاجين I	الأبهر والجلد والأوتار	جالاكتوز أمين D. galactosamine	حمض إيديرونك L. iduronic acid	سلفات درماتان demratan sulfate
تفاعل معتدل مع كولاجين IV III	الأبهر والرئة والكبد	جالاكتوز أمين D. galactosamine	حمض جلوكورونيك D. glucuronic acid	سلفات هيباران heparan sulfate

أما البروتينات الكربوهيدراتية، فإنها تتشكل من لب بروتيني بنسبة كبيرة، وكثيراً ما تكون كربوهيدراتها متفرعة. وقد أظهرت الدراسات بأن هذه المادة الأرضية تساهم في ربط خلايا النسيج الضام بمحيطها، وأهم البروتينات الكربوهيدراتية:

أ. هايبرونكتين fibronectin: التي تكونها الخلايا الليفية وبعض الخلايا الطلائية، وتساهم هذه المادة في تماسك الخلايا وتحديد مسار هجرتها أثناء التكوين الجنيني.

ب. لامنين laminin، وتوجد في الصفائح القاعدية حيث تساهم في ارتباط الخلايا الطلائية بهذه الصفائح.

ج. كوندرونكتين chondronectin، وتوجد في الغضروف، حيث تعمل على ربط الخلايا الغضروفية بجزيئات كولاجين II.

إضافة إلى المادة الأرضية عديمة الشكل، فإن الأنسجة الضامة تحتوي بين خلاياها سائلاً يشبه بلازما الدم في تركيبه من حيث الأيونات، وقد يوجد في هذا السائل كميات قليلة من البروتين.

5. أنواع الأنسجة الضامة

تصنف الأنسجة الضامة اعتماداً على عدة معايير، منها أصلاتها أو خصوصيتها، وكثافة الألياف وتوزيعها، ويختلف تصنيف هذه الأنسجة من مرجع إلى آخر، وهنا سنأخذ بالتصنيف التالي:

أ. الأنسجة الضامة الأصلية connective tissue proper، وتشمل الأنسجة الفجوية areolar والكثيفة dense.

2

ب. الأنسجة الضامة ذات الصفات الخاصة connective tissues with special features ومنها الأنسجة الدهنية adipose، والمرنة elastic، والمخاطية mucous والمفاوية lymphatic.

ج. الأنسجة الضامة الداعمة supportive connective tissues، وتشمل الغضروف cartilage والعظم bone.

1.5 الأنسجة الضامة الأصلية

سميت هذه الأنسجة بالأصلية لأن المكونات الأساسية للأنسجة الضامة (خلايا وألياف ومادة أرضية طرية) تتبدى فيها بوضوح. كذلك، فإن هذه الأنسجة تقوم بالوظائف الأساسية التي أشرنا إليها آنفاً، كالربط والدفاع. ومن هذه الأنسجة نوعين: الفجوية والكثيفة.

1.1.5 الأنسجة الضامة الفجوية Areolar (loose) Connective Tissues

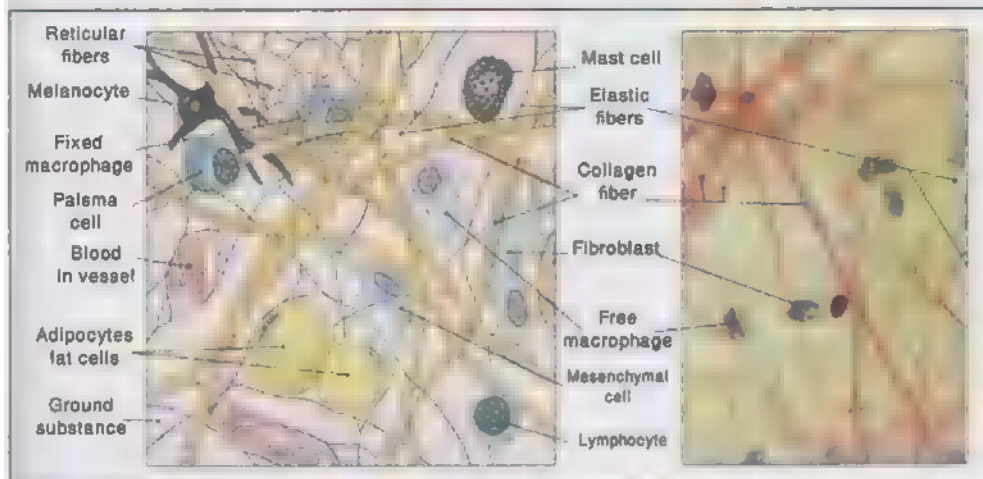
هذا النوع هو الأكثر شيوعاً بين الأنسجة الضامة الأصلية، ويتصف بالسماوات التالية:
أ. يحتوي معظم مكونات الأنسجة الضامة من ألياف وخلايا ومادة أرضية، والألياف الأكثر وفرة هي ألياف كولاجين، بينما تكون الألياف الشبكية قليلة. أما بالنسبة للخلايا، فإن الليفية والأكولة هي الأكثر شيوعاً (شكل 16).

ب. مادته الأرضية كثيرة وعديمة الشكل، وهي طرية وغنية بالأوعية الدموية.
ج. تملأ الحيزات بين الألياف العضلية والعصبية، وتلف الأوعية اللمفاوية والدموية، وتوجد في المساريق تحت بشرة الجلد.

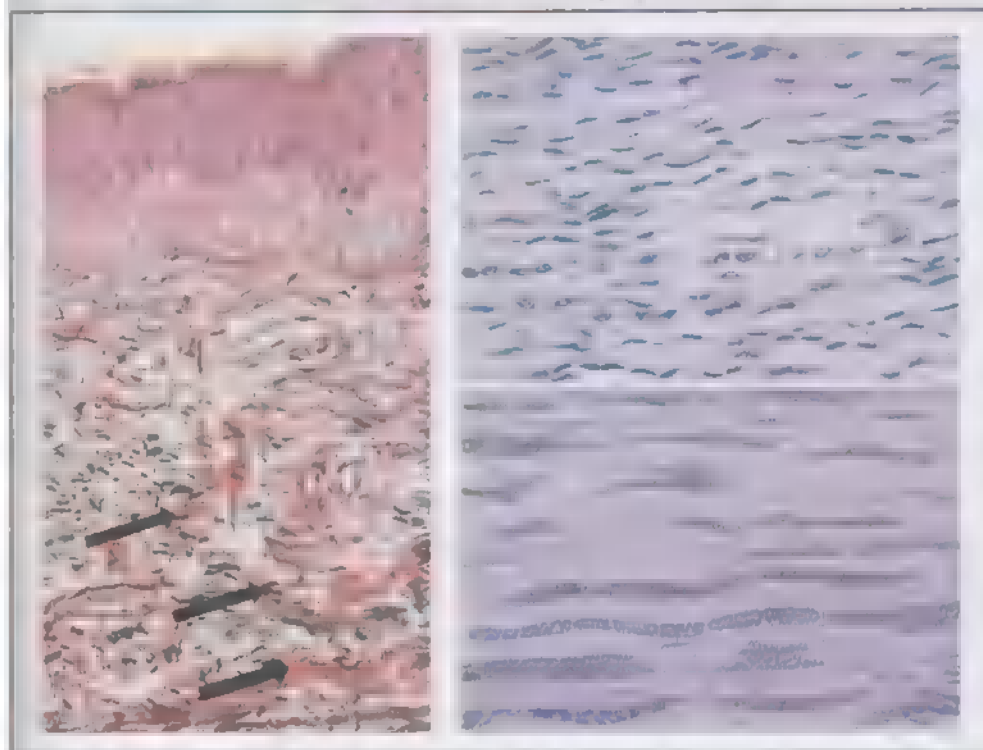
2.1.5 الأنسجة الضامة الكثيفة Dense Connective Tissues

أ. تحتوي نفس مكونات الأنسجة الفجوية، غير أن كثافة الكولاجين فيها أكثر وعدد الخلايا أقل.

ب. تكون ألياف كولاجين إما منتظمة (متوازية) تحتوي بين حزمها خلايا ليفية مسطحة ذات نوى بيضوية طويلة، كما في الأوتار، وذلك استجابة لتوتر طويل يبذل في اتجاهين، ويسمى النسيج في هذه الحالة بـ الكثيف المنتظم dense regular (شكل 17)، وقد تكون ألياف كولاجين مبعثرة في عدة اتجاهات، وبذلك يتكون النسيج الكثيف غير منتظم dense irregular (شكل 17). وبهذه الحالة يتحمل النسيج مقاومة الشد من عدة اتجاهات، كما في أدمة الجلد.
ج. تكون مادته الأرضية قليلة، وبذلك فإن أوعيته الدموية أقل مقارنة بالأنسجة الفجوية.



(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية لنسيج ضام فجوي (رخو) (يمين). ورسم لنسيج ضام رخو وتظهر معظم الألياف والخلايا التي يصعب ملاحظتها في تحضير شريحة ضوئية



(شكل 17) صورة بالمجهر الضوئي لنسيج ضام كثيف منتظم (يمين) في مقطع طولي لجزء من وتر. لاحظ نوى الخلايا الليفية البيضاضوية الشكل والداكنة، وبينها حزم من ألياف كولاجين وتظهر بلون باهت؛ نسيج ضام كثيف غير منتظم (يسار) في أدمة الجلد. وتشير الأسهم إلى ألياف كولاجين

1.5 الأنسجة الضامة ذات الصفات الخاصة

يشمل هذا النوع من الأنسجة الضامة كلا من الغضروف والعظم والدم، وستعالج هذه الأنواع الخاصة في الفصول القادمة. كذلك، يشمل هذا النوع الأنسجة المرنة والمخاطية والدهنية.

1.2.5 الأنسجة المرنة Elastic Tissues

تشكل هذه الأنسجة من حزم من الألياف المرنة الكثيفة والمتوازية، ويشغل الحيز بين هذه الحزم ألياف كولاجين وخلايا ليفية مسطحة. وبسبب كثافة الألياف المرنة في هذه الأنسجة فإنها تكتسب لوناً أصفر ومرونة كبيرة، ويقتصر وجود هذه الأنسجة على مواقع نادرة، مثل الأربطة الصفراء للعمود الفقاري والرباط المعلق للقضيب.

2.2.5 الأنسجة المخاطية Mucous Tissues

لهذه الأنسجة وهرة من مادة أرضية عديمة الشكل تتكون بشكل رئيسي من حمض هاليورونيك. وهذه الأنسجة هلامية القوام تحتوي ألياف كولاجين وبعض الألياف المرنة وخلايا ليفية، وتوجد هذه الأنسجة في الأجنة، خاصة في الحبل السري umbilical cord وفي لب الأسنان.

3.2.5 الأنسجة الدهنية Adipose Tissues

تتكون هذه الأنسجة بشكل رئيسي من خلايا دهنية لها ارتباط وثيق بالأوعية الدموية، ويمثل الدهن في الخلايا مخزوناً من السعرات الحرارية التي تزيد عن حاجة الجسم، ويحتوي جسم الإنسان نوعين من هذه الأنسجة، هما: الدهني الأبيض white adipose (أو وحيد الحجيرة) والدهني البني brown adipose (أو متعدد الحجيرات).

يوجد النسيج الدهني البني بكثافة أثناء التكوين الجنيني ولكنه يتناقص بعد الولادة. أما النسيج الدهني الأبيض، الذي يوجد أيضاً في مراحل تكوين الجنين، فإنه يبقى في الإنسان البالغ. ومن أهم أماكن وجود هذا النسيج محيط الكلية وتحت الجلد ونخاع العظم، وأخمص القدمين، والأرداف، وراحة اليدين. وفي معظم هذه الأماكن يعمل هذا النسيج الدهني كعازل للصدمات وكمصدر للطاقة وكعازل للحرارة.

الفصل الثالث

الغضروف

Cartilage

65.....	4. أنواع الأنسجة الغضروفية.....	63.....	3. صفات الأنسجة الغضروفية.....
68.....	5. نمو الغضروف.....	63.....	2. وظائف الأنسجة الغضروفية.....
68.....	6. الأقرص بين الفقرات.....	63.....	1. منشأ الأنسجة الغضروفية.....

3

ذكرنا في الفصل السابق أن الغضروف هو أحد أنواع الأنسجة الضامة الخاصة، حيث تكون مادته الأرضية شبه صلبة وتحتوي كربوهيدرات بروتينية وجلايكوز أمينوجلايكانز. إضافة إلى ألياف كولاجين وألياف مرنة تتماسك مع تلك الجزيئات. وكما سنلاحظ لاحقاً، فإن نوع الألياف في هذه الأنسجة سيعتمد كمعيار لتصنيفها إلى عدة أنواع.

1. صفات الأنسجة الغضروفية

أ. تتكون من خلايا غضروفية chondrocytes تصنع المادة البينية، وتتموضع هذه الخلايا داخل فجوات تدعى فراجات lacunae تحاط بمحافظ capsules غنية بمادة جلايكوز أمينوجلايكانز وموجبة لتفاعل P.A.S.

ب. تحتوي المادة البينية كولاجين وكربوهيدرات بروتينية وبروتينات كربوهيدراتية وحمض هيالورنيك. ويحتوي الغضروف المرن كميات كبيرة من البروتين الاستين.

ج. لها قوام هلامي، ويعتمد ذلك على الروابط بين ألياف كولاجين وسلاسل جولايكوز أمينوجلايكانز في الكربوهيدرات البروتينية، وكذلك على التفاعل بين الماء وتلك السلاسل.

د. لا تحتوي أية أوعية دموية. وتعتمد في تغذيتها إما على انتشار المواد من شعيرات الأنسجة الضامة المجاورة. أو على السائل الهلامي في تجاويف المفاصل. ونتيجة لذلك، لا تتصف الخلايا الغضروفية بنشاط أيضي كبير.

هـ. تحاط بنسيج ضام كثيف يدعى محيط الغضروف perichondrium (شكل 1). وهذا المحيط غني بالأوعية الدموية، ويقوم بتزويد النسيج الغضروفي بالمواد الغذائية، كما يعمل كمصدر للخلايا الغضروفية اليافعة chondroblasts التي تلزم لنمو الغضروف.

2 وظائف الأنسجة الغضروفية

أ. دعامة الأنسجة الطرية.

ب. تسهيل حركة العظام حيث يعمل الغضروف كعاص للصدمات وكمناطق انزلاق في المفاصل.

ج. المساهمة في تكوين ونمو العظم أثناء الحمل وبعده.

3 منشأ الأنسجة الغضروفية

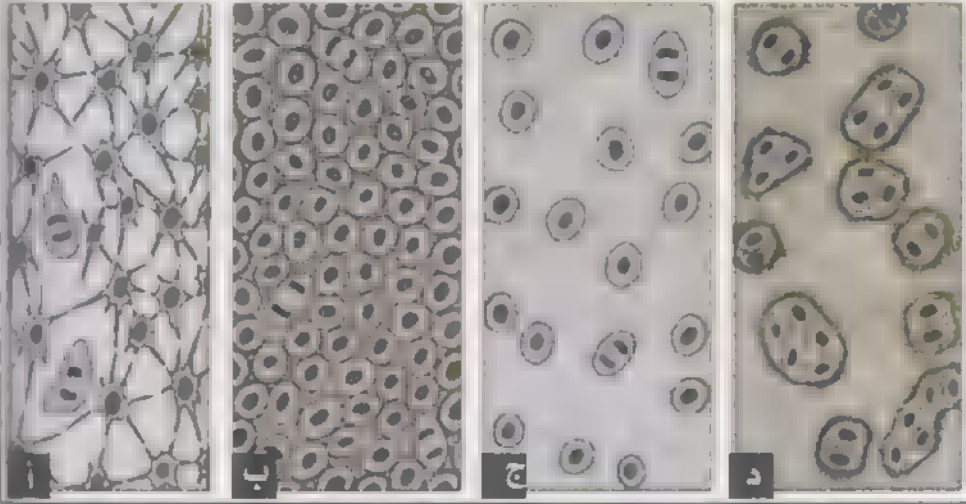
نشأ هذه الأنسجة من النسيج الجنيني المسمى ميزنشيم mesenchyme، عبر مراحل تشمل (شكل 1):

أ. تحول الخلايا الميزنشيمية النجمية إلى خلايا كروية تفقد بروزاتها.

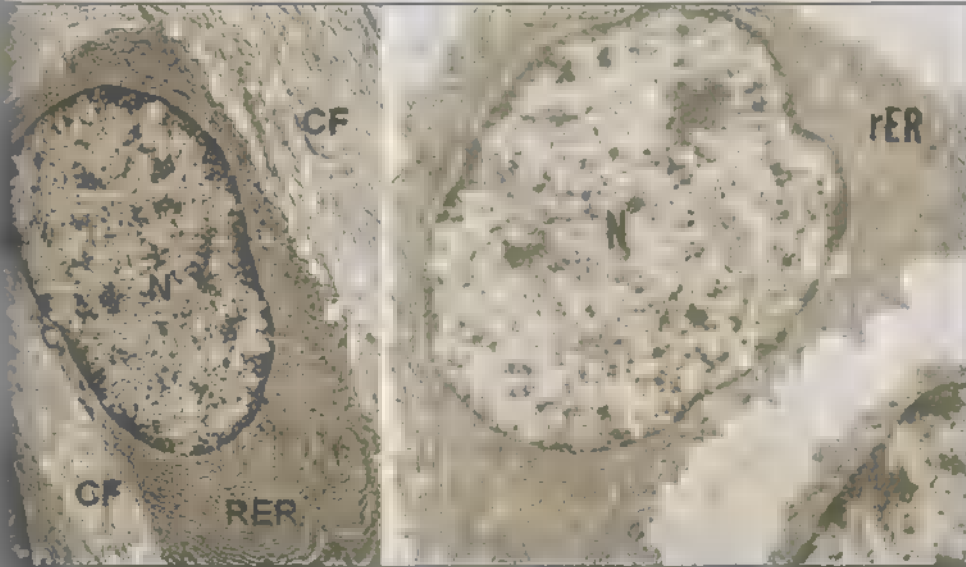
ب. انقسام الخلايا الميزنشيمية بسرعة لتكوّن مناطق تكثف ميزنشيمي.

ج. تحوّل الخلايا الميزنشيمية إلى خلايا غضروف يافعة chondroblasts لها شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة ونواة بكروماتين منتشر وتصبح قادرة على إفراز كولاجين (شكل 2).

- د. تصنيع الخلايا الغضروفية للمادة البينية، وبذلك تبتعد عن بعضها، ويبدأ تمايز الغضروف في مركز النسيج الميزنشيمي أولاً ثم ينطلق باتجاه المحيط.
- هـ. تحول الخلايا الميزنشيمية الطرفية إلى خلايا ليفية وخلايا غضروفية يافعة لتشكل المحيط الغضروفي perichondrium.



(شكل 1) تشكل الغضروف. أ. نسيج ميزنشيمي: ب. نوالد خلايا الميزنشيم: ج. تكوين خلايا غضروف يافعة وابتعادها عن بعض نتيجة تكوين مادة بينية: د. نوالد الخلايا الغضروفية لتكوين مجموعات متجانسة، تحاط كل منها بكبسولة.



(شكل 2) صورة مجهرية إلكترونية لخلية غضروف يافعة وتظهر فيها وفرة من شبكة إندوبلازمية خشنة (rER) ونواة منتشرة الكروماتين (N)، وحولها ألياف كولاجين المفرزة (CF)

4 أنواع الأنسجة الغضروفية

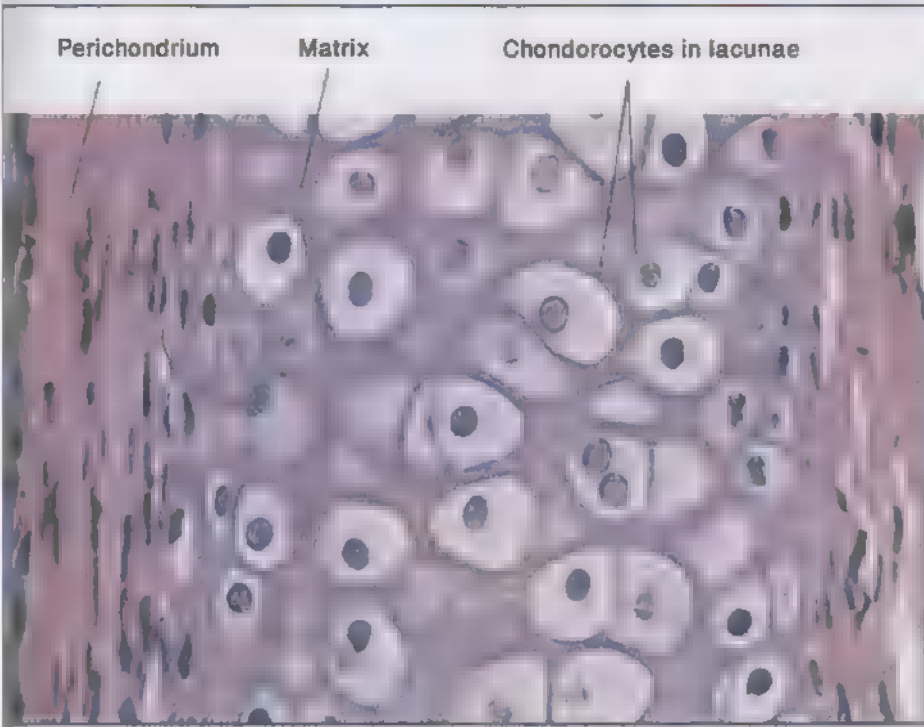
يحتوي جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الأنسجة الغضروفية، وهذه الأنواع هي: الغضروف الزجاجي hyaline cartilage، والغضروف المرن elastic cartilage والغضروف الليفي fibrocartilage.

وفيما يلي استعراض لهذه الأنواع الغضروفية.

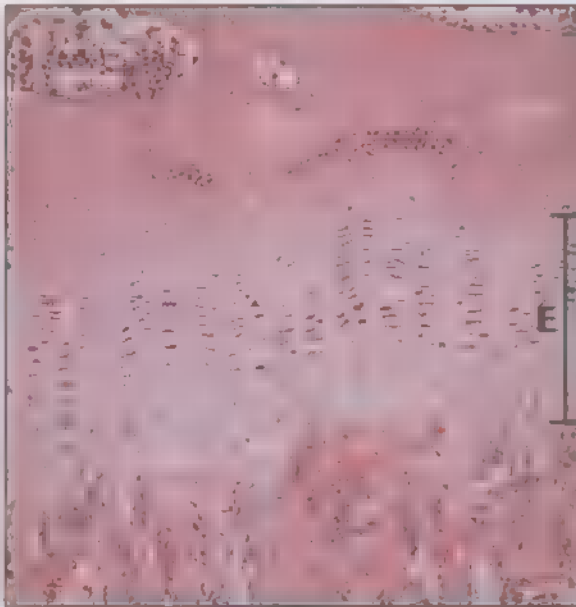
1.4 الغضروف الزجاجي Hyaline Cartilage

وهو الأكثر شيوعاً وسمي هذا النوع كذلك لأن مادته الأرضية تبدو شفافة ورائقة كالزجاج، وذلك عند ملاحظة الأنسجة بالمجهر الضوئي. يميل لون هذا النسيج إلى الأبيض المزرق، وهو يعمل في دعامة أجنة الفقاريات ويساهم في نمو العظام الطويلة، كما سنبين ذلك لاحقاً. ويتصف الغضروف الزجاجي بالسماوات التالية:

- أ. يحتوي لبيفات كولاجين التي لا تظهر إلا بالتحضيرات المهجربة الإلكترونية.
 - ب. يحتوي كربوهيدرات بروتينية تتكون من 4 سلفات كوندرويتين chondroitin 4 sulfate و 6 - سلفات كوندرويتين chondroitin 6 sulfate وسلفات كيراتان keratan sulfate التي ترتبط تساهمياً ببروتينات اللب.
 - ج. يلف بمحيط غضروف يتكون من نسيج ضام كثيف، كما يحتوي عدة خلايا ليفية وخلايا غضروفية تساهم في نمو الغضروف (شكل 3).
 - د. تكون خلاياه الخارجية بيضوية الشكل وتتجمع خلاياه الداخلية، كروية الشكل، في مجموعات من 4-8 خلايا في حيز يدعى فرجة lacuna ويكون محاطاً بكبسولة (شكل 3). أما في سفيحة الكرويس epiphyseal plate التي توجد في نهاية العظام الطويلة فإن الخلايا الغضروفية تتجمع على هيئة أعمدة متوازية (شكل 4).
 - هـ. يوجد في جدار ممرات التنفس الكبيرة، مثل الأنف والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب وعلى أسطح المفاصل المتحركة.
- وكما ذكرنا في الفصل السابق، فإن الكربوهيدرات البروتينية تشبه فراشي أنابيب الاختبار حيث يكون البروتين اللب وتشع من حوله سلاسل جلایكوز أمينو جلایكانز. وتتفاعل عدة كربوهيدرات بروتينية مع حمض هـالورونيك لتشكل تجمعات ترتبط بلييفات كولاجين. إضافة لذلك، فإن المادة البينية تحتوي كوندرونكتين chondronectin، وهو جزيء بروتيني كربوهيدراتي يعزز التصاق الخلايا الغضروفية بالمادة البينية.



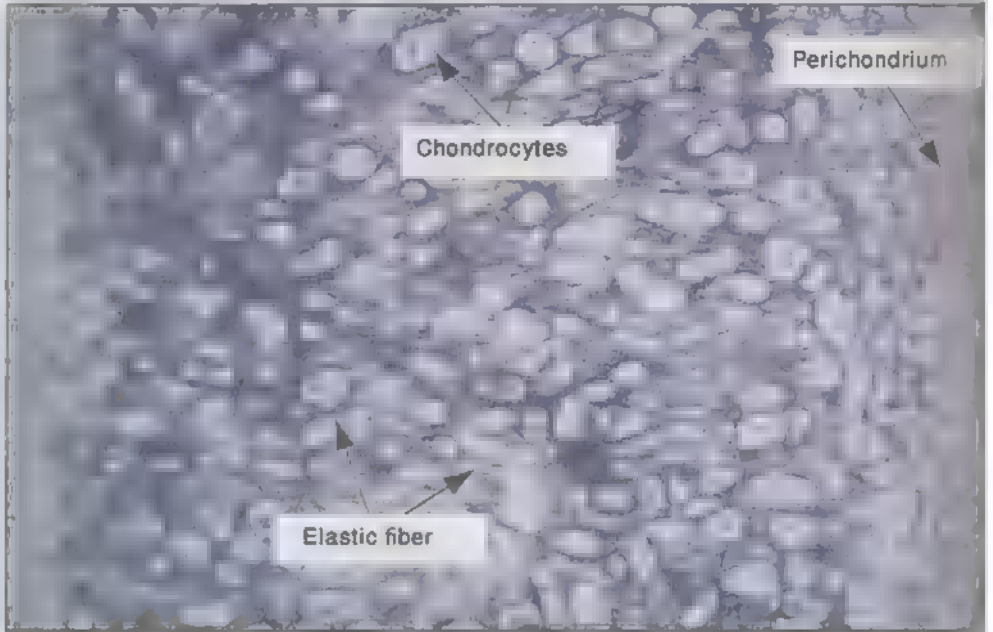
(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية تبين تركيب الغضروف الزجاجي



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية لغضروف زجاجي في صفيحة كردوس. لاحظ اصطفاف الخلايا الفضروفية على هيئة أعمدة طويلة متوازية. E تمثل منطقة توالد لتلك الخلايا

3.2 الغضروف المرن Elastic Cartilage

- يشبه هذا الغضروف النوع الزجاجي إلى حد كبير، ويختلف عنه في الأمور التالية:
- أ. يحتوي شبكة غنية من الألياف المرنة (إضافة إلى كولاجين II) (شكل 5).
 - ب. يميل لونه إلى الاصفرار، ويعود ذلك لوجود الإستين في الألياف المرنة.
 - ج. يوجد في صوان الأذن ear pinna وفي جدر القنوات السمعية الخارجية، إضافة إلى أنابيب استكاينوس ولسان المزمار epiglottis. وبسبب وجود الألياف المرنة يكون هذا الغضروف أقل عرضة لعمليات التفسخ من الغضروف الزجاجي.
 - د. يتصف بالقدرة على التمدد والطي.

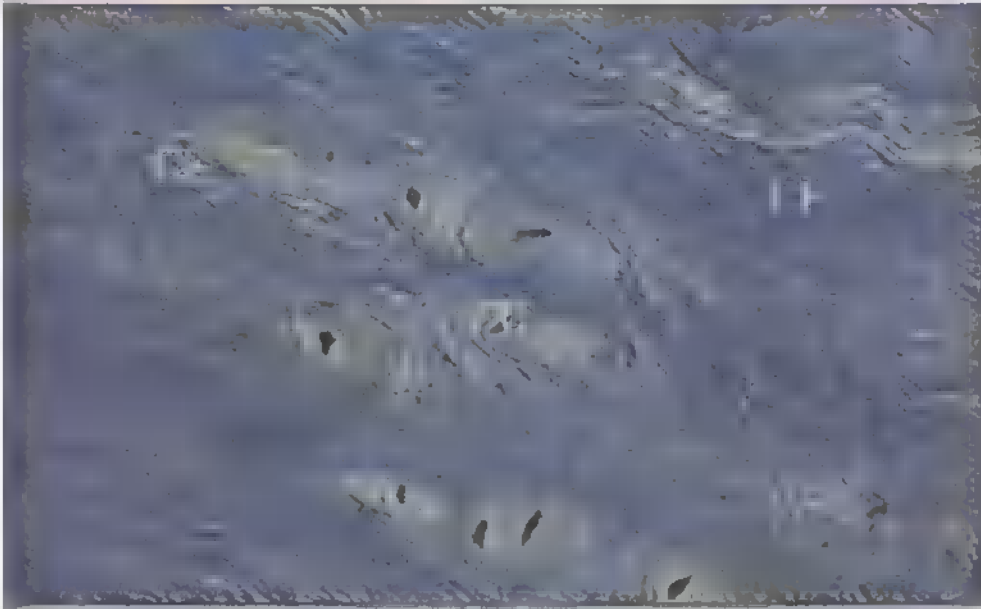


(شكل 5) صورة مجهرية ضوئية لغضروف مرن. لاحظ الألياف المرنة

3.3 الغضروف الليفي Fibrocartilage

لهذا الغضروف خصائص وسيطة بين سمات النسيج الضام الكثيف والغضروف الزجاجي. ويرتبط هذا الغضروف بالنسيج الضام الكثيف، وتكون أليافه الكولاجينية العديدة إما على هيئة حزم غير منتظمة بين الخلايا الغضروفية أو تكون موازية لصفوف هذه الخلايا، بحيث يعتمد هذا التنظيم على قوى الشد التي يتعرض لها الغضروف الليفي.

وفي هذا الغضروف تكون الخلايا إما فرادي أو في مجموعات. كما في الغضروف الزجاجي، وغالباً ما تكون هذه الخلايا منتظمة في صفوف طويلة (شكل 6). ويوجد هذا النسيج الذي لا يملك محيطاً غضروفياً في الأقراص بين الفقرات intervertebral disks التي سندرسها لاحقاً، وبين عظام الإرتفاق العاني symphysis pubis، وهي مناطق تتعرض لجهود كبير وتحمل أوزاناً ثقيلة.



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لغضروف ليفي. لاحظ ألياف كولاجين (CF) والخلايا الغضروفية (C)

5. نمو الغضروف Growth of Cartilage

يتم النمو الغضروفي بوسيلتين هما: النمو البيني *interstitial growth* ، والنمو التراكمي *appositional growth*. وفي نوعي النمو المذكورين تصنع خلايا الغضروف ألياف كولاجين ومادة أرضية.

1.5 النمو البيني *Interstitial Growth*

يحدث هذا النمو نتيجة انقسام الخلايا الغضروفية، ويتم أثناء النمو المبكر للغضروف، حيث تزداد كتلة النسيج من الداخل. كذلك يحدث هذا النمو في صفائح كوردوس *epiphysial plate* العظام الطويلة وبداخل الغضروف المفصلي *articular cartilage*.

2.5 النمو التراكمي *Appositional Growth*

يحدث هذا النمو عند السطح الخارجي للقالب الغضروفي وينتج عن تمايز خلايا المحيط الغضروفي إلى خلايا غضروفية متخصصة، الأمر الذي يساهم في زيادة عرض الغضروف.

6. الأقراص بين الفقرات *Intervertebral Disks*

تقع هذه الأقراص بين الفقرات المتجاورة وتشد إليها بأربطة من الأنسجة الضامة الكثيفة ويتكون كل قرص من منطقتين: حلقة ليفية *annulus fibrosus* ونواة بارزة *nucleus pulposus* في الوسط (شكل 7). وفيما يلي استعراض لكل من المنطقتين.

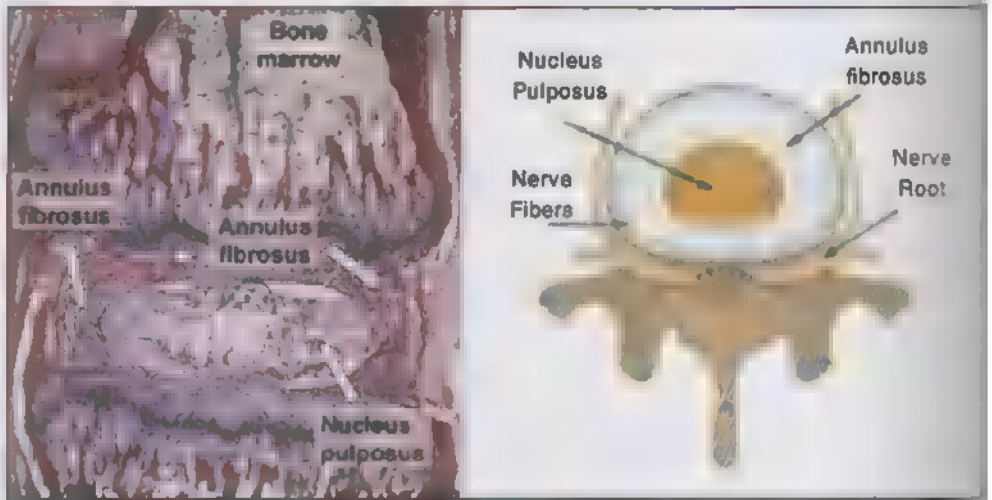
3

6 الحلقة الليفية Annulus Fibrosus

تشكل هذه الحلقة من طبقات متداخلة من النسيج الغضروفي الليفي حيث تكون حزم كولاجين في الطبقات المتجاورة متعامدة مع بعضها البعض (شكل 7). ويزود هذا التنظيم الأقراص بمرونة فائقة تسمح لها بتحمل الضغوط الناشئة من الفقرات. وإذا حدث تمزق للحلقة الليفية، وغالباً ما يحدث ذلك في المناطق الخلفية من العمود الفقري حيث تكون حزم كولاجين أقل، فإن ذلك يؤدي إلى إخراج النواة البارزة وتسطح القرص، ونتيجة لذلك تنزلق الأقراص من مواقعها بين الفقرات (شكل 7). وإذا ما كان الانزلاق باتجاه الحبل الشوكي، فإنه يضغط على الأعصاب وينتج عن ذلك ألم شديد يسمى بالعامية "الديسك".

5 - النواة البارزة Nucleus Pulposus

تقع هذه المنطقة وسط الحلقة الليفية (شكل 7)، وهي طرية تتكون من خلايا متسديرة مضمورة في مادة لزجة عديمة الشكل تحتوي ليفات كولاجين II (شكل 7)، وكميات وافرة من حمض هyaluronic، وتعمل هذه المنطقة كعاص للصدمات بين الفقرات المتجاورة، وتشتق النواة البارزة من الحبل الظهري notochord في الجنين.



(شكل 7) الأقراص بين الفقرات ومكوناتها كما تظهر في رسم (يمين) وفي صورة مجهرية ضوئية (يسار)

الفصل الرابع

العظم

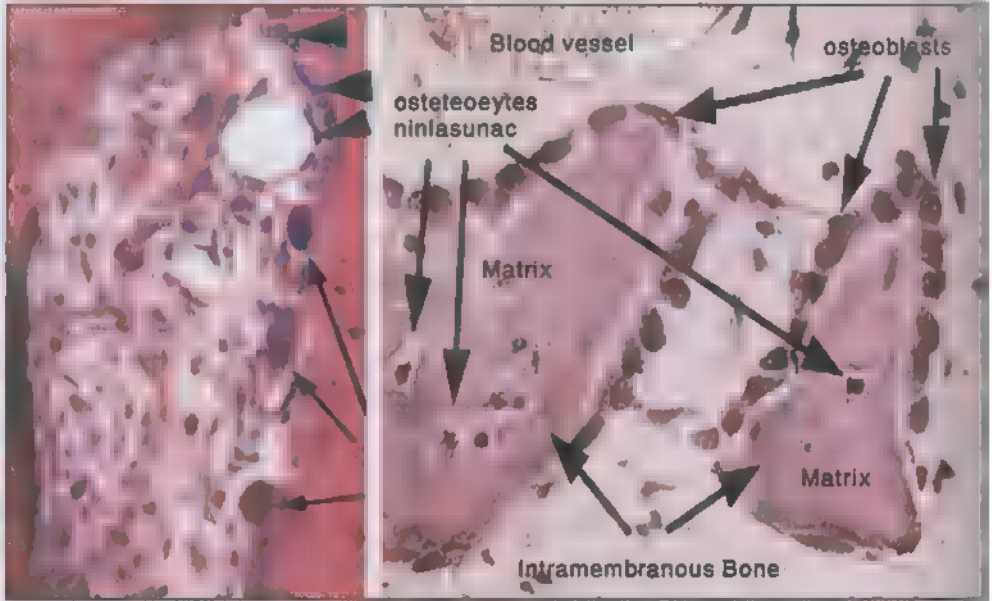
Bone

- | | |
|--------------------------|--|
| 79.....7. أنواع العظم | 73.....1. صفات النسيج العظمي |
| 81.....8. نظام هافرس | 74.....2. وظائف النسيج العظمي |
| 81.....9. تشكل العظم | 74.....3. طرائق تحضير العظم للدراسة المجهرية |
| 85.....10. غضروف الكرويس | 75.....4. أنواع خلايا العظم |
| 86.....11. المفاصل | 77.....5. أرضية النسيج العظمي |
| | 78.....6. محيط العظم |

ذكرنا سابقاً أن الغضروف والعظم يمثلان نسيجاً دعامياً خاصاً. وفي هذا الفصل سنبين صفات الأنسجة العظمية، ووظائفها وطرائق تحضيرها. كذلك سندرس أنواع خلايا العظم، والمكونات الأساسية لهذا النسيج، علاوة على أنواعه وتشكله، وسننهي هذا الفصل بدراسة أنواع المفاصل.

1. صفات النسيج العظمي

- أ. يتكون من مادة بنية متكلسة، وهذا ما يجعل العظم ثاني أقدس نسيج بعد الأسنان.
- ب. يحتوي ثلاثة أنواع من الخلايا: **العظمية اليافعة osteoblasts** التي تصنع المكونات العضوية للعظم، و**العظمية الناضجة osteocytes** التي توجد في **فجرات lacunae**، و**العظمية المفككة osteoclasts** المعنية بتفكيك العظم وإعادة بنائه (شكل 1).
- ج. يحتوي ألياف كولاجين التي تتنظم بطريقة خاصة تعطي العظم مقاومة كبيرة، وقد تكون هذه الألياف **محبوكة woven** أو **طباقية lamellar**.
- د. له محيط خارجي وآخر داخلي، وكلاهما يحتوي خلايا مولدة للعظم **osteogenic cells**.
- هـ. تتخلله أوعية دموية توصل المواد الغذائية للخلايا العظمية، وذلك بالاتصال بين الشعيرات الدموية وقتيات تلك الخلايا.
- و. يتفاد بطريق النمو التراكمي **appositional growth**.



(شكل 1) مكونات النسيج العظمي، وتظهر الخلايا العظمية اليافعة والناضجة (يمين)، والخلايا المفككة (أسهم) يسار. تشير رؤوس الأسهم (يسار) إلى خلايا يافعة.

2. وظائف النسيج العظمي

يقوم العظم بالوظائف التالية:

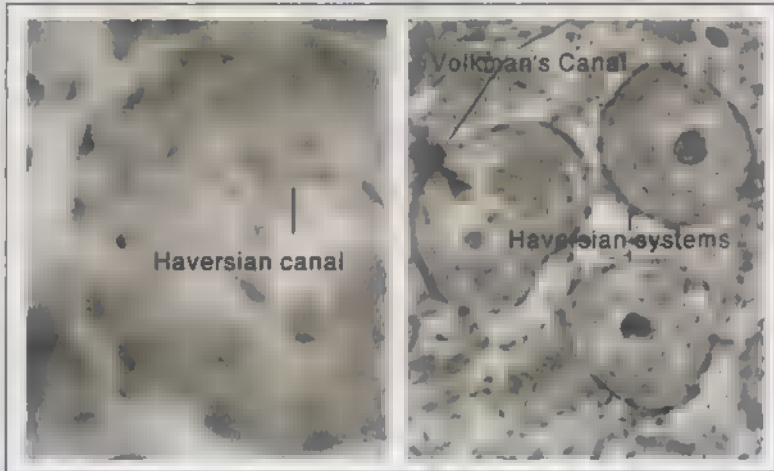
- أ. حماية أعضاء هامة، مثل الدماغ في الجمجمة والرتتين والقلب في القفص الصدري والحبل الشوكي في العمود الفقاري.
- ب. تكوين خلايا الدم في نخاع العظم.
- ج. تخزين أيونات الكالسيوم والفوسفات، وإطلاقها عند الحاجة، وذلك وفق آليات ضبط هرموني تحافظ على تركيزات هذه الأيونات.
- د. العمل كنظام روافع يساهم في تحويل الانقباضات العضلية إلى تحركات بدنية.
- هـ. إعطاء الدعامة والهيكلية للجسم.

3. طرائق تحضير العظم للدراسة المجهرية

نظراً لصلابة الأنسجة العظمية، فإنه يصعب تحضير مقاطع منها بجهاز التقطيع، ولذا يتوجب استعمال طرائق خاصة بها:

- أ. حث قطع صغيرة من العظم بمواد كاشطة، حتى تصبح القطع رقيقة جداً وشبه شفافة، ويطلق على هذا التحضير المقطع المنحوت ground section. ولا تسمح هذه الطريقة بحفظ خلايا العظم، ولكن يمكن دراسة المكونات الرئيسية مثل وحدات هافرس Haversian systems والمادة البينية وبخاصة الألياف، وهرجات lacunae الخلايا العظمية والقنوات canaliculi. (شكل 2).

- ب. إزالة الكلس وذلك بغمر النسيج العظمي في محلول مخفف من حمض النيتريك nitric acid 5%، أو في محلول عامل مكلب للكالسيوم calcium chelating agent مثل (EDTA).



(شكل 2) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عظم منحوت. لاحظ وحدات هافرس

(يمين) ووحدة هافرس مكبرة (يسار)

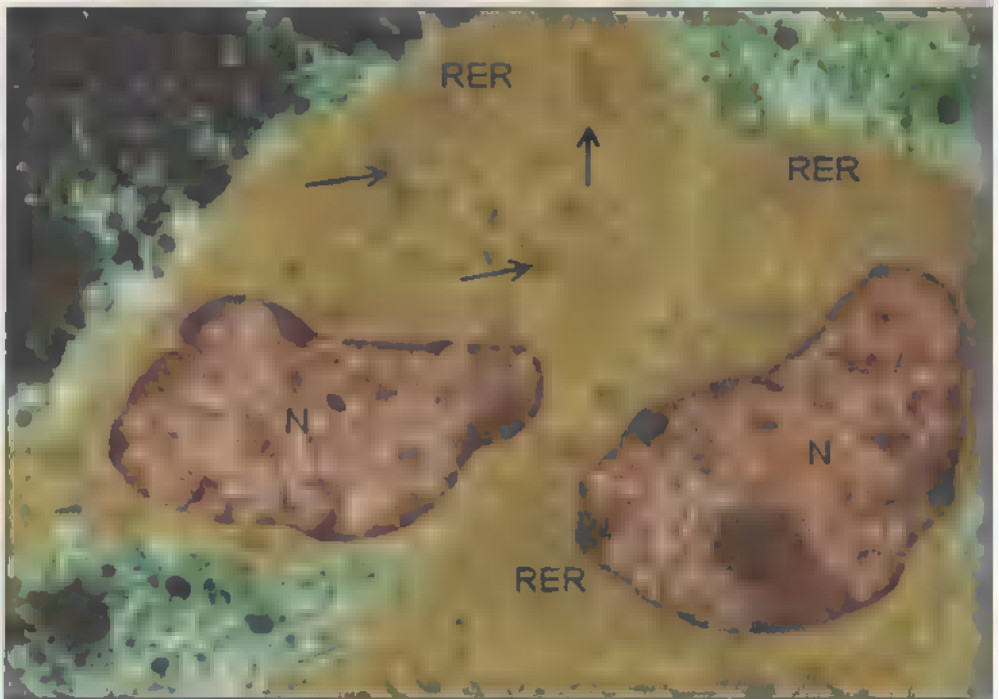
يحتوي النسيج العظمي ثلاثة أنواع من الخلايا العظمية هي: اليافعة والناضجة والمفككة (شكل 1).

١ الخلايا العظمية اليافعة Osteoblasts

تصنع هذه الخلايا المكونات العضوية في العظم، مثل كولاجين I، والكربوهيدرات البروتينية والبروتينات الكربوهيدراتية، ولهذه الخلايا عدة صفات، أبرزها:

- أ. تتموضع على أسطح النسيج العظمي بشكل متراص (شكل 1).
- ب. تتخذ شكلاً مكعباً أو عمادياً عندما تكون ناشطة في تصنيع المكونات المذكورة، وتسطح وتقل شبكتها الإندوبلازمية الخشنة عندما يقل نشاطها.
- ج. لها بروزات سيتوبلازمية تربط الخلايا مع بعضها، وتعتبر هذه البروزات خطوة أولى نحو تكوين قنات بين الخلايا العظمية.

د. تحتوي العضيات الدالة على تصنيع البروتينات المدة للتصدير، ويتمثل ذلك بشبكة إندوبلازمية خشنة وافرة ومركب جولجي بارز وميتوكوندريا عديدة (شكل 3).



(شكل 3) صورة مجهرية إلكترونية لخلية عظمية يافعة تحتوي وفرة من الشبكة الإندوبلازمية

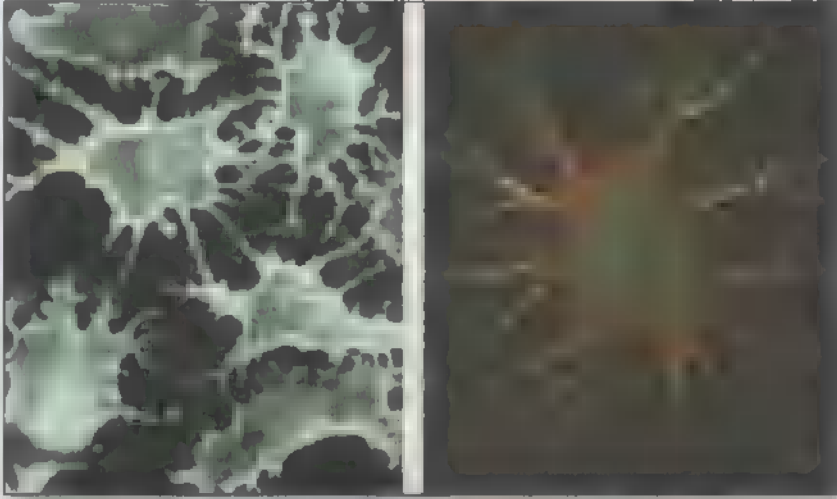
الخشنة (RER) والميتوكوندريا (M) ونواة (N) بكروماتين منتشر.

2.4 الخلايا العظمية الناضجة Osteocytes

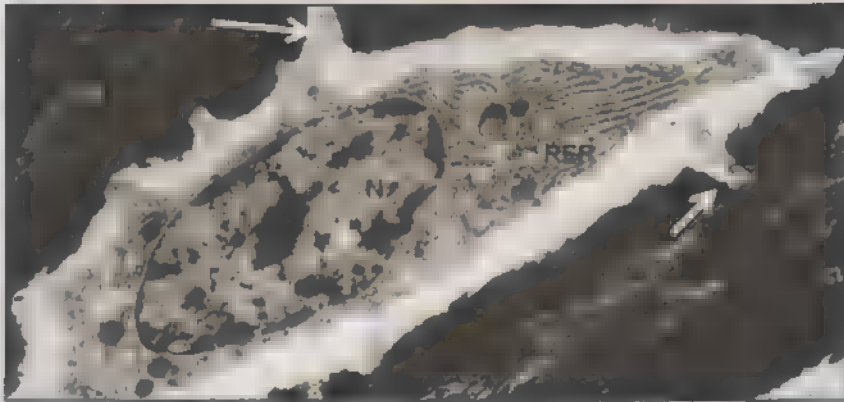
تنشأ من الخلايا اليافعة، وتوجد كل خلية عظمية ناضجة داخل فُرجة lacuna، ومن أبرز صفات هذه الخلايا:

أ. لها بروزات سيتوبلازمية تتصل فيما بينها بروابط فجوية (شكل 4)، وهذا ما يمكن الخلايا من تبادل المواد الغذائية، وتستقر البرزات المذكورة داخل قنيتات canaliculi إسطوانية. ويسمح هذا النظام بتزويد سلسلة خلوية شعاعية بالمواد المختلفة عبر الأوعية الدموية.

ب. تحتوي كميات أقل من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ومركب جولجي، مقارنة بالخلايا العظمية اليافعة، كما أن مادتها الكروماتينية أكثر كثافة (شكل 5).



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية لخلية عظم وتظهر بأذرع متعددة (يمين) وصورة مجهرية ضوئية تبين الارتباط بين عدة خلايا (يسار).

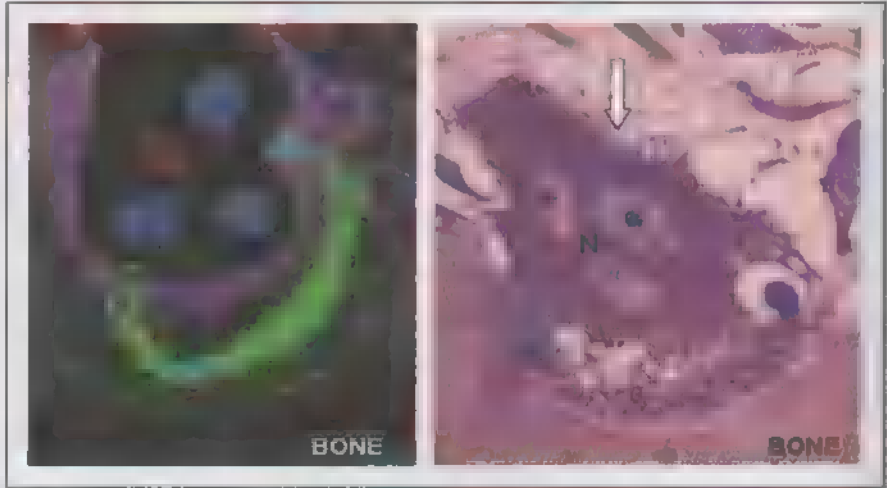


(شكل 5) صورة مجهرية إلكترونية لخلية عظم ناضجة. لاحظ أذرع الخلية (سهم) التي ستكون قنيتات لاحقاً. والشبكة الإندوبلازمية الخشنة (RER) والنواة (N)

3.4 الخلايا العظمية المفككة Osteoclasts

تشأ هذه الخلايا من اندماج خلايا أحادية monocytes في نخاع العظم، وتتسم بالصفات التالية:

- أ. كثرة التفرع، واحتوائها بين 5 و 50 نواة (شكل 6).
- ب. التموضع داخل انخفاضات في قالب العظم، تدعى هرجات هاوشب Howship's lacunae (شكل 6).
- ج. تجعد أطرافها عند اتصالها بسطح العظم الذي يتعرض للتفكك، وذلك بفعل إنزيمات مفككة للكلالاجين ولبروتينات أخرى في قوام العظم.
- د. وفرة الميتوكوندريا ومركبات جولجي والأجسام الحالة، وقلة شبكة إندوبلازمية.
- هـ. تفكيكها للعظم في بيئة حامضية لازمة لعمل إنزيماتها.



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية تبين عدة نوى في خلية عظم مفككة (يمين) وصورة بالمجهر الفلوري (يسار) تبين نوى خلية عظمية مفككة (لون أزرق) وحوصلات تحتوي إنزيمات (لون أحمر) وخييطات أكتين (لون أخضر)

5. أرضية النسيج العظمي Bone Matrix

تشكل أرضية النسيج العظمي من مواد غير عضوية وأخرى عضوية.

5.1 المواد غير العضوية

تمثل هذه المواد حوالي 50% من الوزن الجاف لأرضية العظم، ومن أهم هذه المكونات أملاح الكالسيوم والفوسفور الموجودة بوفرة، إضافة إلى البوتاسيوم والصوديوم والمغنيسيوم، والبايكرينات. وتوجد أيونات الكالسيوم والفوسفور على هيئة بلورات هايدروكسي أباتايت $\text{Ca}_{10}(\text{PO})_6(\text{OH})_2$ تقع بجوار ليفات كولاجين، وتحيط بها طبقة مائية تسهل تبادل الأيونات بين البلورات وسوائل الجسم.

2.5 المواد العضوية

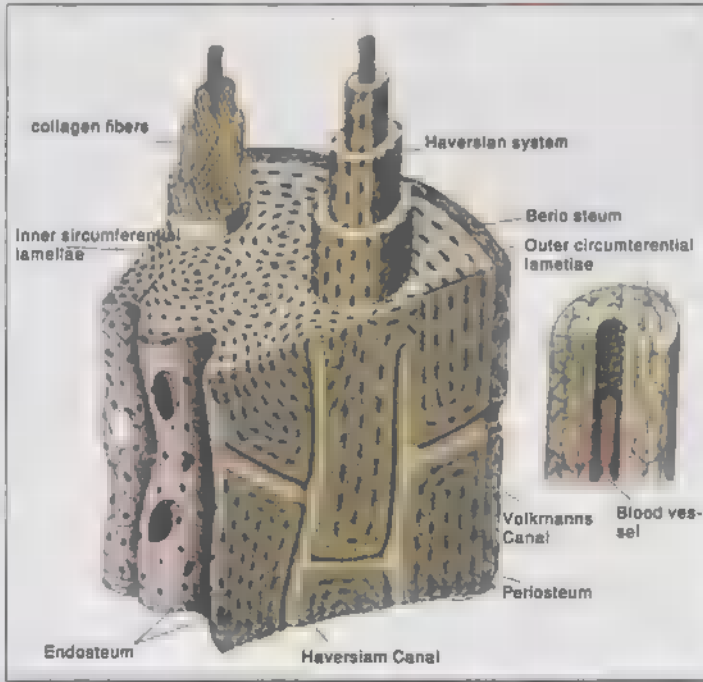
تشكل هذه المواد من كولاجين I وجلايكوز أمين جلايكاز، مثال 4- سلفات كوندرويتين وسلفات كراتان مرتبطة بعدة بروتينات. إضافة إلى عدة بروتينات كربوهيدراتية، وترتبط ليبفات كولاجين بيلورات هايروكسي أباتايت، وهذا ما يؤدي إلى صلابة العظم.

6. محيط العظم

تغطي الأسطح الخارجية والداخلية للعظم بطبقات من النسيج الضام والخلايا العظمية، ويطلق على هذه الطبقات المحيط العظمي الخارجي periosteum والمحيط العظمي الداخلي endosteum على التوالي. ويعمل هذان المحيطان على تغذية النسيج العظمي بمصدر دائم من الخلايا العظمية اليافعة. لذلك، يعتبر الحفاظ على هذين النسيجين أمراً هاماً في العمليات.

1.6 المحيط العظمي الخارجي Periosteum

يتشكل هذا المحيط من طبقة خارجية من ألياف كولاجين و خلايا ليفية يافعة (شكل 7). و يرتبط بداخل العظم عبر حزم كولاجيلنية تدعى ألياف شاربي Sharpey's fibers، وهذا ما يقوي تماسك العضلات بالعظم. أما الطبقة الداخلية من هذا المحيط فهي أكثر خلوية وتتكون من خلايا مسطحة ذات قدرة انقسام عالية. تتمايز لاحقاً لتشكل خلايا عظمية يافعة.



(شكل 7) رسم يحدد ثلاثي يبين مكونات العظم المتكرر

1.6 المحيط العظمي الداخلي Endosteum

ييطن هذا النسيج أسطح العظم الداخلية المطلة على تجاويف نخاع العظم bone marrow cavities ، ويتألف من طبقة واحدة من خلايا مسطحة مكونة للعظم، إضافة إلى كمية قليلة من النسيج الضام (شكل 7). ولذلك، فإن هذا المحيط يكون أرق من المحيط الخارجي.

7. أنواع العظم Types of Bone

يتميز الفحص المجهرى للعظم وجود نوعين من هذا النسيج، هما: الأولي والثانوي (شكل 8).

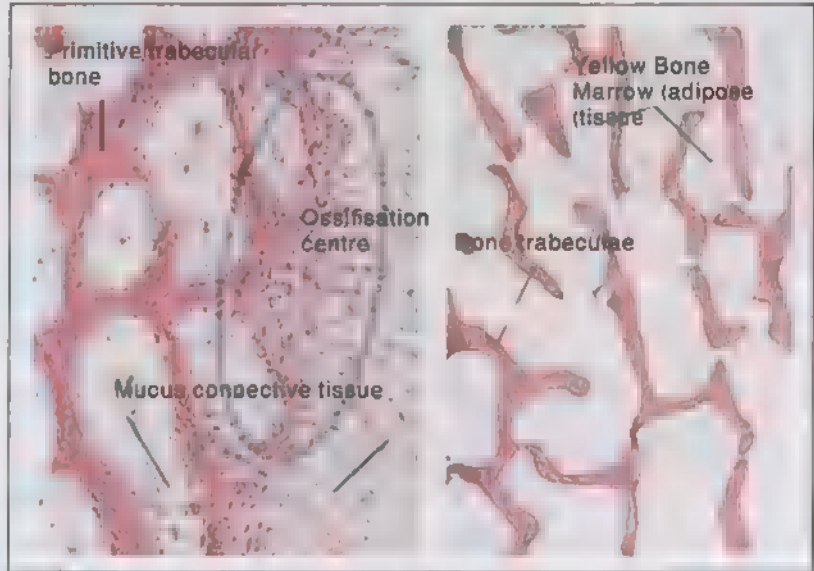
1.7 النسيج العظمي الأولي Primary Bone Tissue

ويسمى هذا النوع المحبوك woven أو غير الناضج immature أو الإسفنجي cancellous (شكل 8)، وهو الذي يظهر أولاً أثناء التكوين الجنيني، وكذلك في حالات كسر العظم أو ترميمه، ويتصف هذا النوع بالسّمات التالية:
أ. توزيع عشوائي لألياف كولاجين.

ب. وجود مؤقتة، حيث يحل محله العظم الثانوي عند البلوغ، باستثناء لب العظام المسطحة في الجمجمة، وفي مغرز socket الأسنان.

ج. وجود أملاح أقل ونسبة أكثر من الخلايا العظمية، مقارنة بالعظم الثانوي.

د. تجاويف كثيرة ومتداخلة تحتوي نخاع عظم أحمر red bone marrow حيث تتكون فيه خلايا الدم، إضافة إلى نخاع عظم أبيض white bone marrow الذي يتشكل من خلايا دهنية. وتتفصل هذه التجاويف عن بعضها بواسطة شبكة من الحواجز trabeculae المتداخلة.



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لعظم أولي، وتظهر الحواجز وبينها تجاويف نخاع

العظم (يمين). وصورة أخرى لعظم أولي قيد التكوين (يسار)

2.7 النسيج العظمي الثانوي Secondary Bone Tissue

يطلق على هذا النوع أسماء مثل الناضج mature أو الطبقي lamellar أو المكتنز compact (شكل 9)، ومن أبرز صفات هذا العظم:

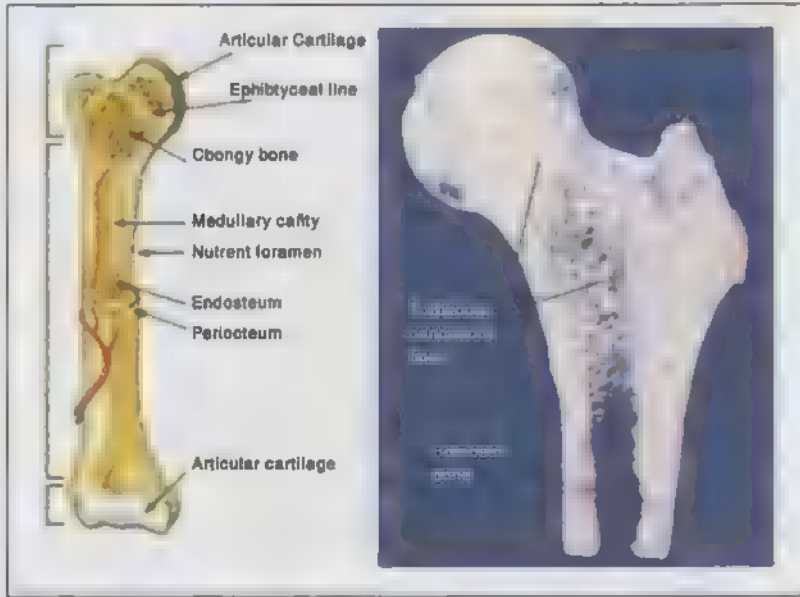
أ. انتظام ألياف كولاجين في طبقات، يبلغ سمكها حوالي $5\mu m$ وتتراكز حول قناة هافرس التي تحتوي أوعية دموية وأعصاباً ونسيجاً ضاماً طرياً. ويطلق على هذا الترتيب نظام هافرس Haversian system (شكل 10.7). وقد تكون طبقات الكولاجين متوازية، وتصنف حسب موقعها إلى طبقات محيطية خارجية outer circumferential lamellae توجد داخل المحيط العظمي الخارجي، وطبقات محيطية داخلية inner circumferential lamellae تتموضع حول تجاويف النخاع العظمي، وطبقات بينية interstitial lamellae تمثل بقايا لوحات هافرس ألتفت أثناء نمو وإعادة قولبة العظم (شكل 7). وسندرس لاحقاً التركيب المجهرى لنظام هافرس بنوع من التفصيل.

ب. وجود ترسبات تتكون من مادة بينية متكلسة، إضافة إلى ألياف كولاجين قليلة، وتعمل هذه المادة على ربط وحدات هافرس مع بعضها.

ج. وجود الخلايا العظمية في فرجات (شكل 10) تكون إما بين أو داخل طبقات الكولاجين.

د. وفرة الأملاح وقلة الخلايا، مقارنة بالعظم الإسفنجي (شكل 9).

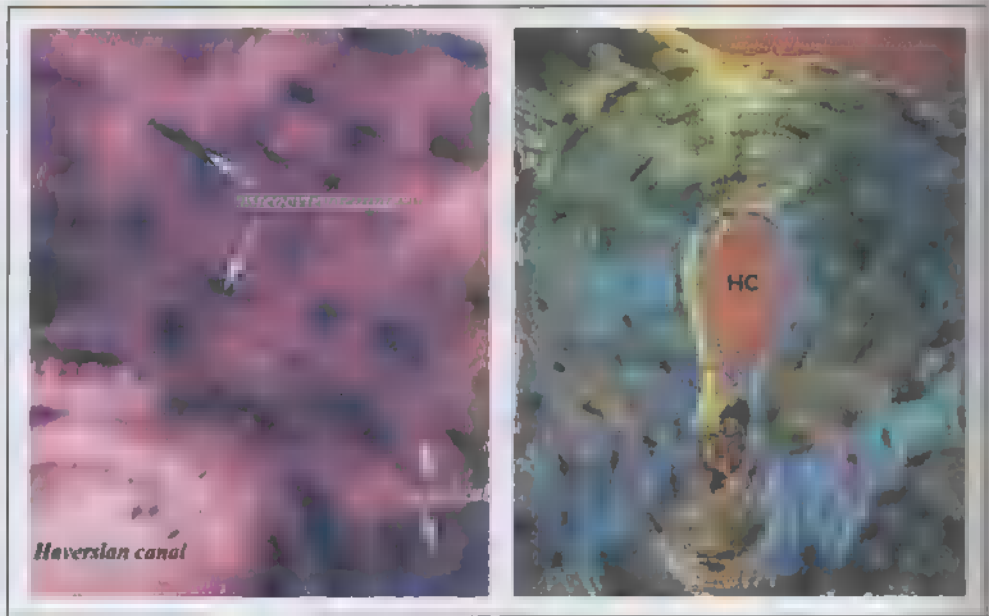
هـ. وجوده في جسم العظام diaphysis الطويلة وأسطح العظام القصيرة والمسطحة.



(شكل 9) صورة لجزء من مقطع طولي في عظمة طويلة (يمين)، ورسم لعظمة طويلة تظهر مكوناتها المختلفة (يسار).

نظام هافرس Haversian System

- هذا تركيب أسطواناني يتوازي مع المحور الطولي للعظام الطويلة ويتصف بالسعات التالية:
- أ. وجود قناة مركزية، تدعى قناة هافرس **Haversian canal** تحاط بطبقات من ألياف كولاجين (شكل 10)، إضافة إلى الخلايا العظمية والمادة البينية. وتبطن قناة هافرس بمحيط عظمي داخلي، وتحتوي أعصاباً وأوعية دموية ونسيجاً ضاماً.
 - ب. اتصال قنوات هافرس مع بعضها ومع المحيط العظمي الخارجي وكذلك مع تجاويف نخاع العظم بقنوات عرضية تدعى قنوات فولكمان **Volkman's canals** (شكل 10)، التي لا تحاط بطبقات متراكزة من ألياف كولاجين وخلايا عظمية.
 - ج. انتظام ألياف كولاجين بحيث تكون طولية في طبقة ما وعرضية في الطبقة التالية (شكل 7).



(شكل 10) مقطع لوحدة هافرس كما تظهر في مجهر ضوئي وتظهر قناة فولكمان (★) متصلة بقناة هافرس (HC) (يمين) وصورة أخرى لجزء من هذه الوحدة (يسار)

9 تشكل العظم Bone Histogenesis

يشكل العظم بطريقتين هما: التعمم الفشائي **intramembraneous ossification** حيث يتم تكلس المادة البينية التي تفرزها الخلايا العظمية، والتعمم الغضروفي **endochondral ossification** حيث تترسب المادة البينية للعظم على قالب غضروفي. وفي الحالتين، يكون العظم في البداية من النوع الأولي الذي سرعان ما يتحول إلى عظم ثانوي.

1.9 Intramembranous Ossification الغشائي

يشكل هذا النوع مصدراً لمعظم العظام المسطحة، مثل العظام الجبهية **frontal** والجانبية **parietal** في الجمجمة وعظام الفكين السفلي والعلوي. إضافة لذلك، يساهم هذا التعظم في نمو العظام القصيرة وتغلظ العظام الطويلة. وكما يتضح من الاسم، فإن هذه الطريقة في التعظم تدل على أنها تبدأ داخل غشاء ميزنشيمي، أما خطواتها فهي (شكل 11):

أ. يتكون مركز تعظم أولي **primary ossification center** في مناطق متكتفة من الغشاء الميزنشيمي، وتبدأ هذه العملية عندما تتمايز خلايا ميزنشيمية إلى خلايا عظمية يافعة تفرز حولها مادة بينية تتكلس لاحقاً (شكل 11).

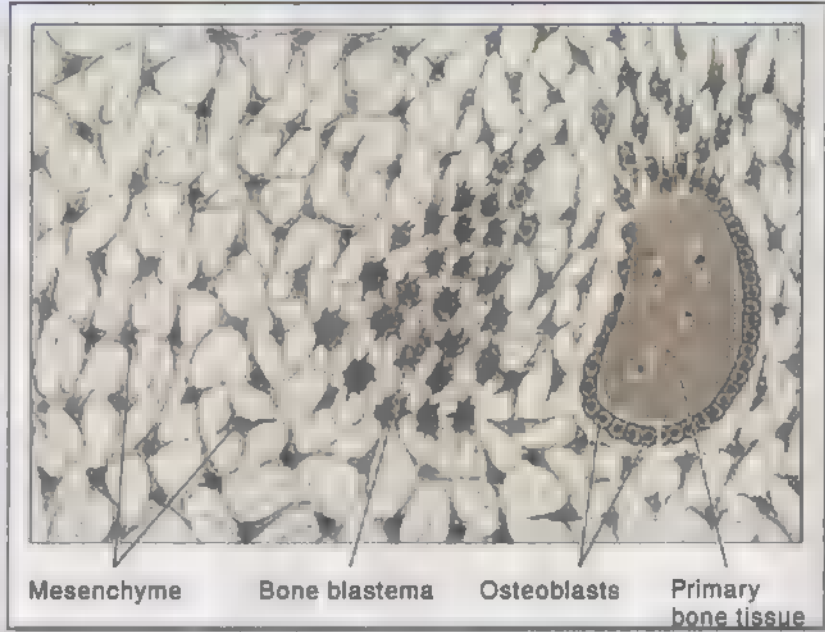
ب. بعد ذلك، تحاط الخلايا اليافعة بكبسولات وتتحول إلى خلايا عظم ناضجة. وتشكل هذه المناطق العظمية النامية حواجز **spicules** تحيط بتجاويف طويلة تحتوي شعيرات دموية وخلايا نخاع عظم وخلايا غير متميزة (شكل 11).

ج. ينتشر التعظم في مناطق مختلفة من الغشاء الميزنشيمي، وتشكل عدة حواجز في كل مركز بنفس الوقت، ثم تندمج لاحقاً لتعطي العظم مظهراً إسفنجياً (شكل 11).

د. تخترق عدة أوعية دموية النسيج الضام المتبقي بين الحواجز العظمية، وتتحول الخلايا الميزنشيمية غير المتميزة إلى خلايا نخاع عظم **bone marrow cells**.

هـ. تتمايز أجزاء الغشاء الميزنشيمي التي لم تتعظم إلى محيط عظمي خارجي ومحيط عظمي داخلي.

تجدر الإشارة إلى أن تشكل عظام الجمجمة يمر بمراحل التعظم التي أشرنا إليها آنفاً، غير أن الأسطح الخارجية والداخلية لهذه العظام تتحول إلى عظم مكتنز، بينما تبقى الأجزاء المركزية على طبيعتها الإسفنجية. وفي جمجمة وليد حديث، لا تتعظم بعض مناطق النسيج الضام، بل تبقى كأجزاء طرية في أعلى الجمجمة وتسمى يوافيخ **fontanelles**.

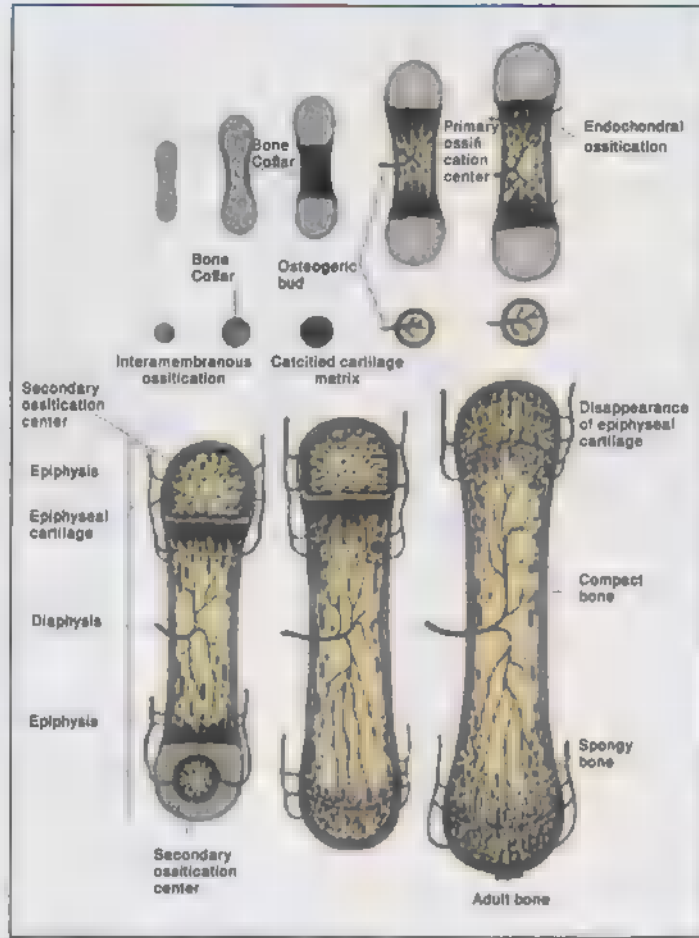


(شكل 11) رسم يبين بعض مراحل التعظم الغشائي

9 | التعظم الغضروفي Endochondral Ossification

يتم هذا التعظم داخل قالب من الغضروف الزجاجي يمثل صورة مصغرة لشكل العظم الذي سيتحول إليه. وتعتبر هذه الطريقة في التعظم أساس تكوين العظام القصيرة والطويلة (شكل 12). وأبرز مراحل هذا التعظم هي:

- أ. يحدث تعظم غشائي داخل محيط الغضروف، ليتكون بذلك طوق عظم bone collar. وفي هذه الحالة يسمى محيط الغضروف بـ محيط العظم persiosteum.
- ب. تبدأ الخلايا الغضروفية داخل طوق العظم بالانحياز نتيجة لمنع انتشار المواد الغذائية داخل القالب الغضروفي الذي يخلو من الأوعية الدموية.
- ج. تفقد الخلايا الغضروفية المنهارة قدرتها على المحافظة على المادة البينية الغضروفية، ويؤدي ذلك إلى تكلس الغضروف.
- د. يتكون برعم مولد للعظم osteogenic bud، مؤلف من خلايا عظمية سلفية osteoprogenitor cells وشعيرات دموية داخل المحيط العظمي. ويخترق هذا البرعم طوق العظم عبر ثقب فتحتها خلايا العظم المتكسكة osteoclasts ليفزو بذلك المادة البينية الغضروفية المتكلسة.
- هـ. تتوالد الخلايا العظمية السلفية وتحول إلى خلايا عظمية يافعة لتكون طبقة من مادة بينية عظمية فوق بقايا الغضروف المتكلس.



(شكل 12) رسم يبين مراحل التعميم الفسروية. لاحظ الفسروف الزجافي وهو منقط، والفسروف المتكلس بالأسود، والعظم بخطوط مائلة.

و. تتحرك خلايا نخاع عظم سلفية من الدم لتستقر في تجاويف داخل العظم الناشئ.
 ز. إزالة بقايا الفسروف المتكلس من قبل خلايا فسروفية مفككة **chondroclasts** تنتشر في التعميم التي بدأت في مركز التعميم الأولي **primary ossification center** وسط القا الفسروفية، باتجاه منطقتي الكر دوس **epiphysis** عند طرفي هذا القالب، ويلازم هذا الانتهاء تمدد طوق العظم بالاتجاه المذكور (شكل 12).
 ط. تنشط خلايا العظم المفككة وسط القالب العظمي الجديد، وهذا ما يؤدي إلى تكوين تجويف نخاع العظم الذي يتمو باتجاه الكر دوس.

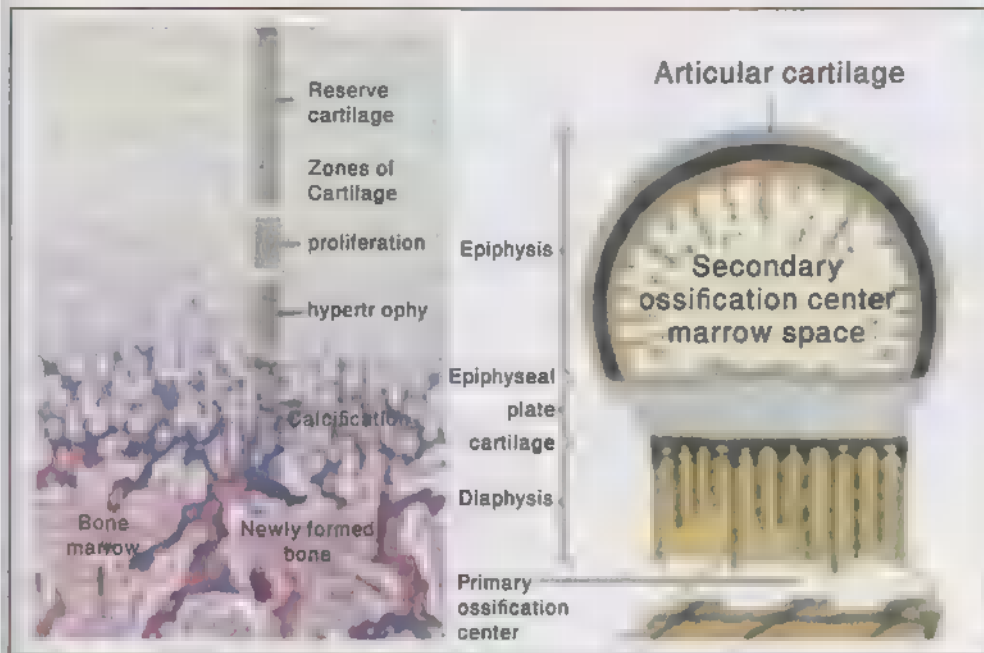
ي. ينشأ مركز تعظم ثانوي secondary ossification center وسط كل كرووس في مرحلة لاحقة (شكل 12)، ويمر هذا المركز بتغيرات تشبه تلك التي تحدث في مركز التعظم الأولي، غير أن نمو عملية التعظم يكون شعاعياً radial وليس طولياً كما في المركز الأولي. وكذلك، ونتيجة لعدم وجود محيط غضروفي عند منطقتي الكرووس في طرفي قالب الغضروفي، (وهما منطقتي تمفصل) فإنه لا يتكون طوق عظم (شكل 12).

ك. بعد انتهاء تعظم كل كرووس يبقى الغضروف في موقعين هما: الغضروف المفصلي articular cartilage عند نهايتي قالب الغضروفي وصفيحة الكرووس epiphyseal plate، التي تربط الكرووس بجسم العظم diaphysis (شكل 12).

10. غضروف الكرووس Epiphyseal Cartilage

يتكون غضروف الكرووس من خمس مناطق، تبدأ من نهاية الكرووس باتجاه الداخل، وهي (شكل 13):

- أ. المنطقة الساكنة resting (reserve) zone وتتكون من غضروف زجاجي، لا تظهر خلاياه أي تغيير في شكلها.
- ب. منطقة التوالد proliferative zone، تنقسم فيها الخلايا بسرعة وتكوّن أعمدة من خلايا مرزومة في مجموعات، تتوازي من المحور الطولي للعظم.
- ج. منطقة الغضروف المتضخم hypertrophic cartilage zone، وتتكون من خلايا غضروفية كبيرة تحتوي كميات جلايكوجين وافرة، وفي هذه المنطقة تنقلص المادة البينية إلى حواجز نحيفة بين الخلايا الغضروفية.
- د. منطقة الغضروف المتكلس calcified cartilage zone، وفيها تموت الخلايا الغضروفية، وتتكلس الحواجز النحيفة المشار إليها في المنطقة السابقة، وذلك بترسيب بلورات هايدروكسي أباتايت hydroxyapatite عليها.
- هـ. منطقة التعظم ossification zone، وتتخللها أوعية دموية وخلايا عظمية سلفية، تتحول إلى خلايا عظمية يافعة، ترسب بدورها مادة بينية عظمية فوق حواجز المنطقة الكلسية. وفيما بعد، تتحول الخلايا العظمية اليافعة إلى خلايا عظمية ناضجة.



(شكل 13) رسم يبين صفحة الكردوس عند نهاية عظمة طويلة (يمين). وصورة مجهرية ضوئية تبين التفويرات التي تحدث في غضروف صفحة الكردوس (يسار).

1.1 المفاصل Joints

تمثل المفاصل مناطق التقاء عظام متجاورة تكون محاطة بأنسجة ضامة تربط العظام مع بعضها، وتقرر نوع ودرجة الحركة بينها. وتصنف المفاصل على أساس الحركة إلى مفاصل متداخلة synarthrosis تكون الحركة فيها محدودة أو معدومة، ومفاصل طليقة الحركة diarthrosis.

1.1.1 المفاصل المتداخلة Synarthrosis

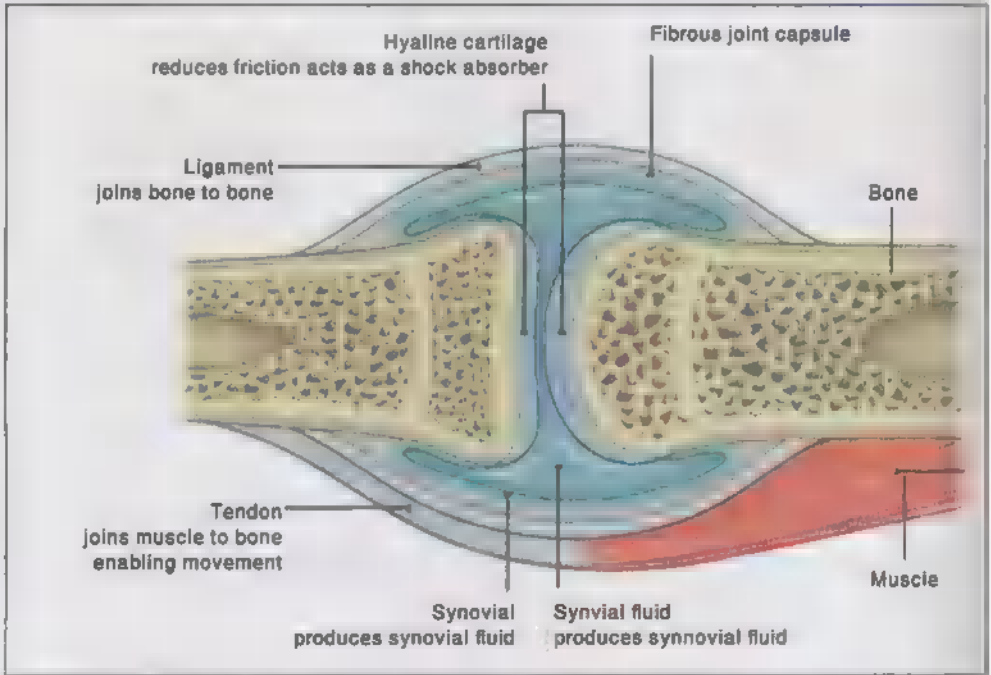
وتصنف اعتماداً على نوع النسيج الذي يربط العظام إلى ثلاثة أنواع:

- أ. المفاصل العظمية Synostosis ، ترتبط العظام في هذه المفاصل بنسيج عظمي، ولذلك فإنها عديمة الحركة والمثال البارز على مكان هذه المفاصل هو الجمجمة.
- ب. المفاصل الغضروفية Synchronosis هذه مفاصل ترتبط فيها العظام بغضروف زجاجي، وتكون حركتها محدودة، ويرتبط الضلع الأول بالقص sternum بهذا النوع من المفاصل.
- ج. المفاصل الرابطة Syndesmosis حيث تتصل العظام في هذا النوع بأربطة من النسيج الضام الكثيف، ولهذه المفاصل حركة قليلة، وهي توجد في أماكن مثل الارتفاق العاني symphysis pubis وفي مناطق اتصال الفقرات.

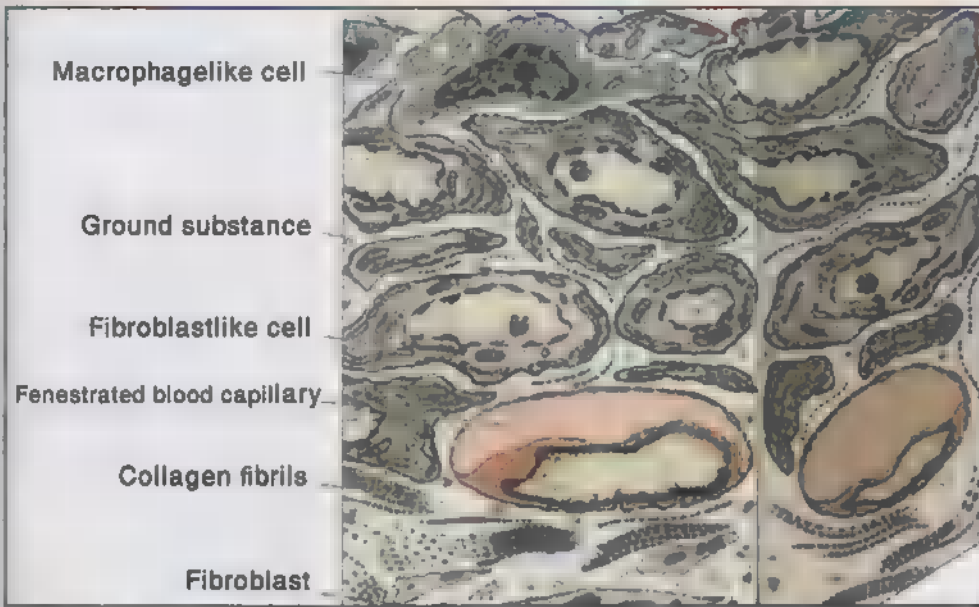
تربط هذه المفاصل العظام الطويلة وتزودها بدرجة كبيرة من الحركة، وتتشكل هذه المفاصل من أربطة ligaments ومحفظة capsule من نسيج ضام كثيف غير منتظم (شكل 14)، وتتشكل المحفظة من طبقتين، هما:

أ. الطبقة الليفية Fibrous Layer وهي خارجية، تتكون من نسيج ضام كثيف غير منتظم وتحيط هذه الطبقة بأربطة المفصل، وتكون مميزة في مناطق الجسم التي تتعرض لضغط كبير.

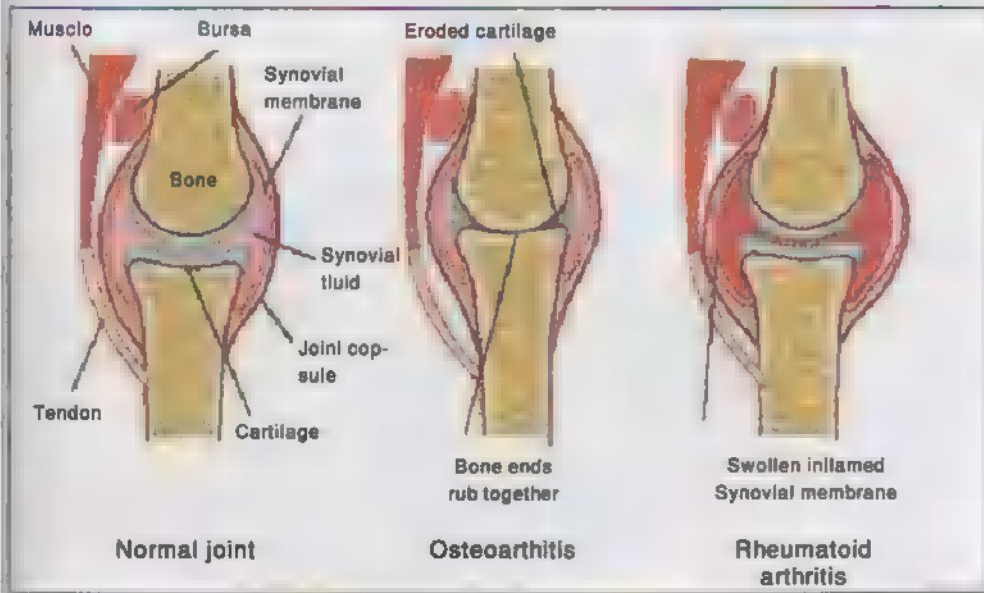
ب. الطبقة المزلفة Synovial Layer وهي داخلية، تتألف من غشاء مزلق synovial membrane ذي ثنأيا داخل تجويف المفصل، ويبطن الغشاء المزلق طبقة من الخلايا الطلائية المسطحة (والمكعبة أحيانا)، تتركز على طبقة من نسيج ضام طري يحتوي أنسجة دهنية (شكل 14). وبينت الدراسة المجهرية الإلكترونية وجود نوعين من الخلايا في الغشاء المزلق: نوع يشبه الخلايا الليفية، وآخر يعمل كخلايا أكولة (شكل 15) ويقوم الغشاء المزلق بإفراز السائل المزلق synovial fluid، وهو شفاف عديم اللون ولزج، يحتوي أكسجين ومواد مغذية وملينة للنسيج الغضروفي المفصلي. وإذا ما تهتك الغضروف المفصلي تحدث آلام شديدة في المفصل نتيجة احتكاك العظام ببعضها (شكل 16).



(شكل 14) رسم يبين مفصلاً طليق الحركة



(شكل 15) رسم يبين خلايا الغشاء المزاق



(شكل 16) التهاب المفصل نتيجة تآكل الغضروف الموجود عند نهاية العظام

الفصل الخامس

الدم

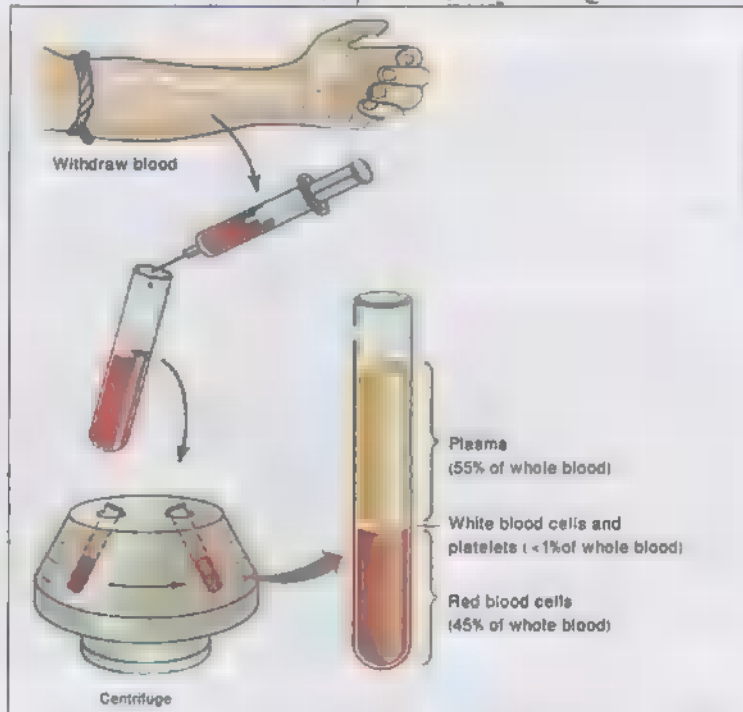
5

Blood

1. بلازما الدم 91
2. خلايا الدم 93
3. الصفائح الدموية 101

5

ذكرنا في فصل سابق أن الدم يعتبر نسيجاً ضاماً خاصاً، ذلك أن هذا النسيج يتكون من خلايا ومادة بينية سائلة (بلازما الدم) (شكل 1)، غير أنه لا يحتوي أليافاً بل موئدات الألياف **fibrinogens**. ويبلغ حجم الدم في الذكر البالغ حوالي 5.5 لتر. وإذا ما وضع حجم ما من الدم في أنبوب اختبار مضافاً إليه مانعاً للتخثر مثل هيبارين، وعرض هذا الأنبوب لطرد مركزي، فإن هذا الحجم من الدم ينفصل إلى جزء علوي يشكل حوالي 55% من حجم الدم، ويمثل بلازما الدم، وآخر سفلي يشكل حوالي 44% من ذلك الحجم، ويتكون معظمه من خلايا الدم الحمراء التي تظهر بلون أحمر. أما خلايا الدم البيضاء، فتظهر بلون أبيض، فوق طبقة الخلايا الحمراء ونسبة حوالي 1% من حجم الدم، وتوجد الصفائح الدموية فوق طبقة الخلايا البيضاء، ولكن يصعب تمييزها بالعين المجردة (شكل 1). ويشار إلى نسبة خلايا الدم الحمراء في الدم بمقداس الدم **hematocrit**، وسنعالج فيما يلي مكونات الدم ووظائفها.



(شكل 1) رسم لأنبوب يحتوي دماً بعد الطرد المركزي

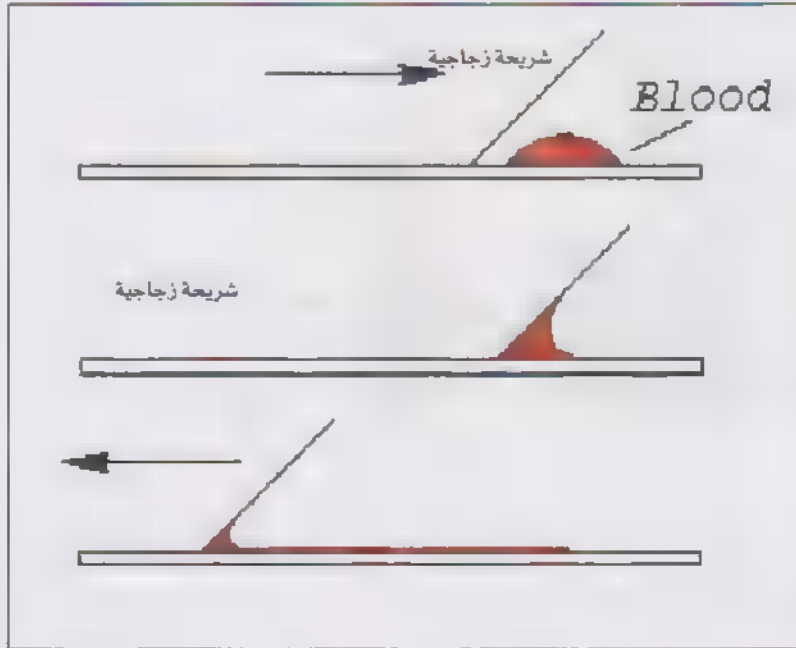
1. بلازما الدم Blood Plasma

تمثل البلازما المادة البينية في الدم، وهي محلول مائي يحتوي جزيئات كبيرة، أهمها البروتينات التي تشكل حوالي 7% من حجم البلازما، وكذلك الهرمونات والفيتامينات والأحماض الأمينية والبروتينات الدهنية التي تؤلف مجتمعة حوالي 2% من حجم هذا السائل، ومن أهم بروتينات البلازما:

- أ. مولد الليف fibrinogen، وهو مهم في تشكيل ألياف الخثرات الدموية.
 ب. جاما جلوبيولين gamma globulin، وهي أجسام مضادة معنية بالدفاع.
 ج. ألبومين albumin، وهو البروتين الرئيسي في البلازما، ويلعب دوراً هاماً في استقرار الضغط الأسموزي للدم.

وتشكل الأملاح غير العضوية حوالي 1% من حجم البلازما، ومن أهمها: أملاح الصوديوم والبوتاسيوم المعنية بالمحافظة على استقرار الضغط الأسموزي للدم. كذلك يوجد في البلازما أيونات مهمة، مثل البايكربونات، التي تساهم في المحافظة على ثبات درجة حموضة (pH) الدم. علاوة على ما تقدم، فإن البلازما تحمل المواد الغذائية من مواقع امتصاصها أو تصنيعها لتوزع على جميع أنحاء الجسم. كذلك، فإن البلازما تنقل نواتج النشاطات الأيضية إلى الجهاز البولي، حيث يتم التخلص منها في الكلية.

تدرس خلايا الدم بعد مسح نقطة دم على شريحة نظيفة بطريقة سليمة (شكل 2)، ثم تجفيفها في الهواء ثم صبغها بمحلول هو خليط من أزرق ميثيلين methylene blue وإيوسين eosin. وتستعمل عدة صبغ لهذا المحلول، وتسمى كل منها نسبة إلى الباحث الذي استعملها أولاً. ومن أسماء صبغات مسحات الدم المتداولة: صبغة رايت Wright وليفمان Leishman، و جيمنسا Giemsa.



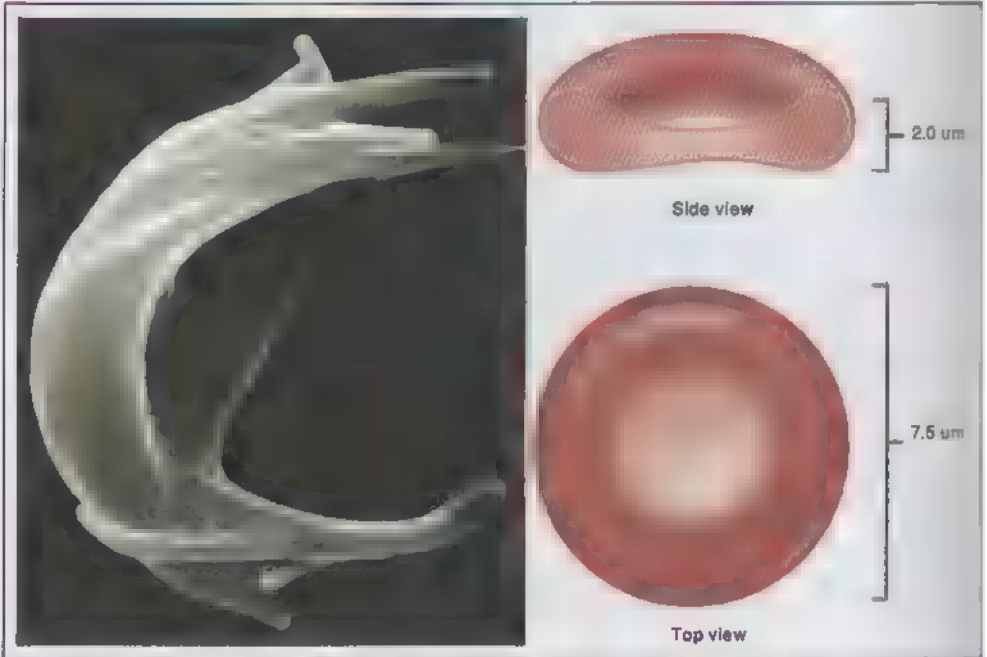
(شكل 2) تحضير مسحة دم

2. خلايا الدم Blood Cells

1.2 خلايا الدم الحمراء (Erythrocytes) Red Blood Cells

تتم هذه الخلايا بالصفات التالية:

- أ. لها شكل كريات ثنائية التقعر، وهذا ما يسهل تبادل الغازات (شكل 3).
- ب. لا تحتوي نوى أو أي عضيات أخرى، باستثناء بعض الأنثيميات الدقيقة تحت الغشاء الخلوي، ولذلك، فإن عمرها في الدورة الدموية محدد بحوالي 120 يوماً.
- ج. لها قطر بحدود $7.5 \mu\text{m}$ ، ويبلغ سمكها عند حافتها حوالي $2.5 \mu\text{m}$ ، وحوالي $0.8 \mu\text{m}$ في المركز، وتسمى الخلايا التي يقل قطرها عن $6.0 \mu\text{m}$ الخلايا الصغيرة microcytes بينما تدعى الخلايا التي يزيد قطرها عن $9 \mu\text{m}$ الخلايا الكبيرة macrocytes.



(شكل 3) رسم لخلية دم حمراء يظهر قطرها وسمكها (يمين) وصورة

بالمجهر الإلكتروني الماسح لخلية دم حمراء منجلىة الشكل (يسار)

- د. يتراوح تركيزها في الدم بين 4 و 5.5 مليون خلية / ميكرو لتر من دم النساء، و 4-6 مليون خلية / ميكرو لتر من دم الرجال، ويشار إلى الحالة التي ينقص فيها تركيز خلايا الدم عن الحد الطبيعي بـ فقر الدم anemia، بينما تسمى الحالة التي يزداد فيها تركيز الخلايا الحمراء بـ كثرة الحمر polycythemia. وقد تكون الحالة الأخيرة مرضية، أو قد تكون طبيعية، خاصة عند الأشخاص الذين يعيشون في أماكن مرتفعة، حيث يكون ضغط الأكسجين قليلاً.

هـ. تحتوي حوالي 250 مليون جزيء هيموجلوبين hemoglobin، وهو البروتين الحامل للأكسجين، إضافة إلى أنزيمات تعنى بتفاعلات تفكك الجلوكوز glycolysis، وإذا كانت كمية الهيموجلوبين أقل من المعدل الطبيعي، تنشأ حالة من فقر الدم. وإذا طرأ أي تغيير في بنية الهيموجلوبين، كما يحدث في حالة فقر الدم المنجلي sickle cell anemia، حيث يحل الحمض الأميني فالين valine محل حمض جلوتاميك glutamic acid، فإن ذلك يؤدي إلى خلايا دم حمراء تصبح منجلية الشكل (شكل 3). ونتيجة لذلك، تزداد لزوجة الدم، وتؤدي هذه الحالة إلى إبطاء أو إيقاف تدفق الدم في الشعيرات، وبالتالي يحدث نقص في الأكسجين الذي يصل للأنسجة.

تتكون خلايا الدم الحمراء في نخاع العظم خلال عملية تمايز خلوي تسمى تكون الخلايا الحمراء erythropoiesis تتحول فيها خلايا حمراء يابضة erythroblast التي تحتوي كل العضيات اللازمة لتصنيع البروتينات وخاصة هيموجلوبين، إلى خلايا شبكية reticulocytes فيها حبيبات قليلة وتركيب شبكي. وتفقد الخلايا الشبكية نواها لتكوّن خلايا الدم الناضجة. وتشكل الخلايا الشبكية نسبة 1% من خلايا الدم الحمراء، ويشير عددها الزائد في الدم إلى زيادة الطلب على الأكسجين، وهي حالة تنشأ من عوامل مثل النزف أو الانتقال إلى مناطق مرتفعة كثيراً عن سطح البحر.

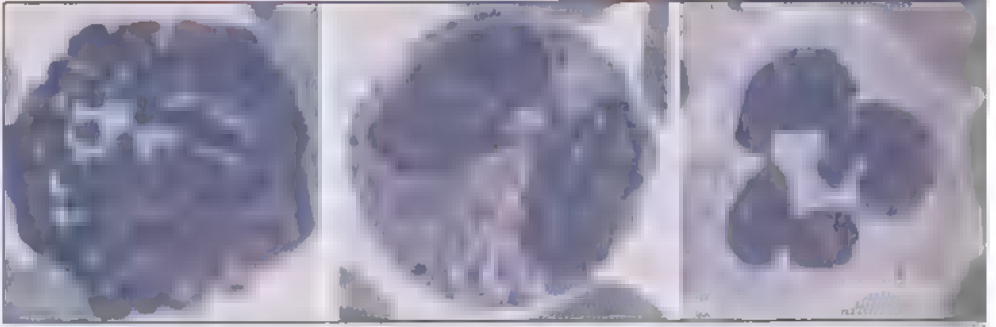
2.2 خلايا الدم البيضاء (Leukocytes) White Blood Cells

لا تشكل هذه الخلايا مكونات دائمة في بلازما الدم، ذلك أنها تتحرك من الأوعية الدموية إلى السائل البيني حول الأنسجة، حيث تقوم بعدة وظائف، كما سنشير لذلك لاحقاً. واعتماداً على وجود حبيبات في السيتوبلازم وشكل النوى، تقسم خلايا الدم البيضاء إلى مجموعتين، هما: الخلايا الحبيبية granulocytes (شكل 4) والخلايا غير الحبيبية agranulocytes (شكل 5).

أ. الخلايا الحبيبية: وهي خلايا ذات نوى لها فصين أو أكثر وتحتوي نوعين من الحبيبات، هما:

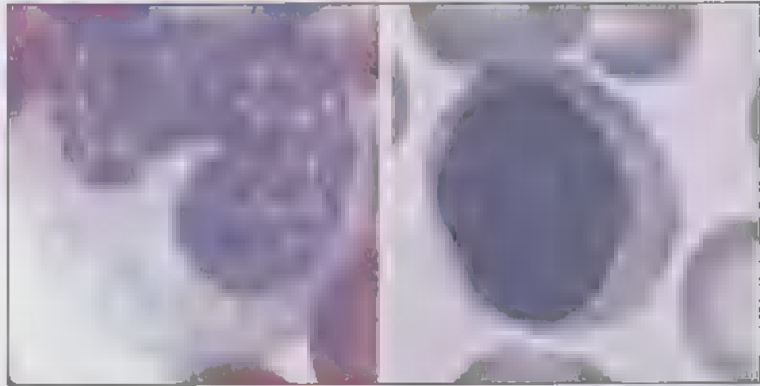
- الحبيبات الخاصة: specific granules، وهي التي ترتبط بالمكونات المتعادلة أو الحامضية في صيغة الدم.

- الحبيبات المحبة للون الأزرق azurophilic granules، وهي أجسام حالة، تصطبغ باللون الأزرق. ومن أبرز إنزيمات هذه الحبيبات كولايجينيز collagenase، وهوسفاتيز القاعدي alkaline phosphatase والإنزيم المفكك lysozyme في الخلايا المتعادلة، وإنزيمات فوسفاتيز الحمضي acid phosphatase، وكاثابسين cathepsin، و RNAase وهوسفولايبيز phospholipase التي نجدها في الخلايا حامضية الاصطبغ. أما حبيبات الخلايا قاعدية الاصطبغ فتشمل هيبارين heparin وهستامين histamine.



(شكل 4) خلايا الدم البيضاء الحبيبية. وتظهر الخلايا المتعادلة (يمين) والحمضية (وسط) والقاعدية (يسار)

ب. الخلايا غير الحبيبية، لهذه الخلايا نوى كروية أو مثلمة، وهي لا تحتوي حبيبات خاصة، إلا أنها تحتوي حبيبات قليلة من النوع المحب للون الأزرق. وتشمل هذه الخلايا نوعين هما: الخلايا اللمفاوية والخلايا الأحادية.



(شكل 5) خلايا دم بيضاء غير حبيبية. وتظهر اللمفاوية (يمين) والأحادية (يسار)

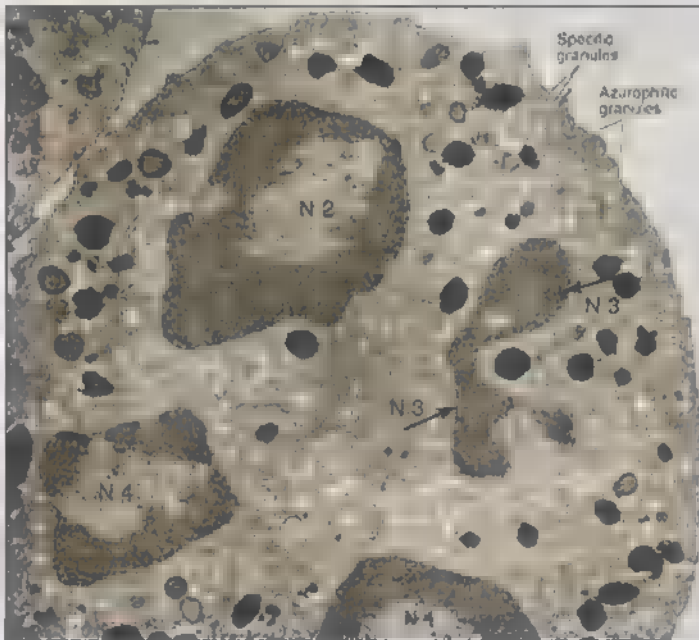
ومن أبرز سمات خلايا الدم البيضاء:

1. لها شكل كروي عندما تكون معلقة في بلازما الدم، ولكنها تتسطح عند مواجهتها لأجسام غريبة.
 2. تستطيع مغادرة الشعيرات الدموية إلى الأنسجة الضامة، لتعمل كدوريات جواله لمجابهة الجسيمات والجزيئات الغريبة الداخلة للجسم. وبذلك تساهم هذه الخلايا في الدفاع عن الجسم، إما عن طريق الأجسام المضادة، أو بالتهام تلك المواد الغريبة. وسنشير إلى هذا الموضوع ثانية عندما ندرس أنواع خلايا الدم البيضاء.
 3. يتراوح عددها بين 15,000 و 25,000 في كل مايكرو لتر من الدم عند الولادة، ويقل هذا العدد إلى 6,000 - 10,000 خلية في الإنسان البالغ.
- بعد استعراضنا للصفات العامة لخلايا الدم البيضاء، نعالج الآن أنواع هذه الخلايا بدرجة من التفصيل.

1.2.2 الخلايا المتعادلة Neutrophils

وتدعى أيضاً الخلايا البيضاء مقصصة النوى polymorphonuclear leukocytes، وتتسم بالصفات التالية:

- أ. لها قطر يتراوح بين 12 و 15 μm ، وتشكل حوالي 60-70% من عدد خلايا الدم البيضاء.
- ب. لنواها عدة فصوص، يتراوح عددها بين 2 و 5، وتتصل مع بعضها بخيوط كروماتينية. وتكون مادة الكروماتين في هذه الخلايا، كما في غيرها من الخلايا البيضاء الحبيبية، كثيفة في محيط النواة ومنشرة في الوسط (شكل 6).
- ج. تحتوي حبيبات خاصة، وهي كثيرة وصغيرة، يتخذ معظمها شكلاً كروياً بقطر يبلغ حوالي 1.0 μm ، ولكن القليل منها له شكل عصوي (شكل 6)، كما تحتوي حبيبات خاصة محبة للون الأزرق وهي قليلة العدد ويبلغ قطرها حوالي 0.5 μm ، وفيها إنزيمات أبرزها كولاغينز وفوسفاتيز القاعدي ولايسوزايم.
- د. يمثل جلايكوجين المصدر الرئيس للطاقة، وبسبب ندرة الميتوكوندريا، لا تعتمد هذه الخلايا على دورة كريبس *Kreb's cycle*، وإنما توفر طاقتها بتفكك الجلوكوز *glycolysis*.
- هـ. تستطيع البقاء في وسط قليل الأكسجين، وهذه إيجابية كبيرة تمكن هذه الخلايا من قتل البكتيريا وإزالة حطامها، كما يحدث في مناطق الالتهاب والموت الخلوي *necrosis*.



(شكل 6) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء متعادلة. لاحظ النواة N1-N4 متعددة الفصوص.

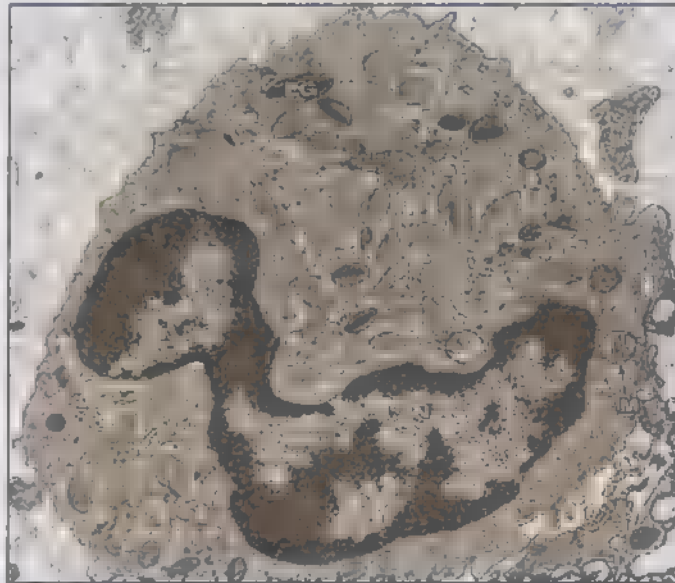
5

أو عمرها قصير في الدم (من 6-7 ساعات)، وأطول في النسيج الضام (من 1-4 أيام). تشكل خط دفاع رئيسي بوجه الأحياء الدقيقة، وخاصة البكتيريا، وعند مواجهتها "للأعداء" تسطح هذه الخلايا وتكون أقداماً كاذبة تحيط بالأجسام الغريبة ثم تقوم بسحبها إلى داخلها بواسطة عملية البلعمة **phagocytosis**. وبعد ذلك، تطلق الإنزيمات **lysozymes** التي تحطم جدر البكتيريا. وتظهر نتيجة المعركة بين الخلايا المتعادلة والمواد الغريبة الفازية على هيئة مادة صفراء لزجة تسمى **pus** الصديد، التي تمثل حطام الخلايا المتعادلة والبكتيريا.

2.2 الخلايا حامضية الاصطباغ Eosinophils

هذه الخلايا سمات أبرزها:

- تشكل 2-4% من خلايا الدم البيضاء ويتراوح قطرها بين 12 و 15 μm .
- لها نوى بفسين، وتحتوي شبكة إندوبلازمية وميتوكوندريا وأجسام جولجي قليلة (شكل 7).
- فيها وفرة من الجلايكوجين، وتحتوي حبيبات خاصة (حوالي 200 حبيبة في الخلية الواحدة) تصطبغ بـ إيوسين وتحاط بفشاء، ولها منطقة داخلية **internum** بلورية (شكل 7). وتحتوي الحبيبات بروتيناً قاعدياً رئيسياً **major basic protein** غنياً بـ أرجينين **arginine**، حيث يشكل حوالي 50% من البروتين الكلي للحبيبات، ويعمل هذا البروتين على قتل بعض الطفيليات مثل **schistosomes**. وتحتوي حبيبات المنطقة الخارجية **externum**، فوسفاتيز الحامضي، وكاثابسين ولايباز المفسقرو **RNAase**.



(شكل 7) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء حامضية. لاحظ النواة N والحبيبات الحامضية EG

د. تتوافر في الأنسجة الضامة في الجلد والأنبوب الهضمي والرحم والمهبل، والشعب التنفسية وحول الديدان الطفيلية.

هـ. تنتج مواداً تطفئ الالتهابات عن طريق تثبيط الليكوترينات leukotrienes.

و. تتكون في نخاع العظم من خلايا نخاعية يافعة myeloblasts.

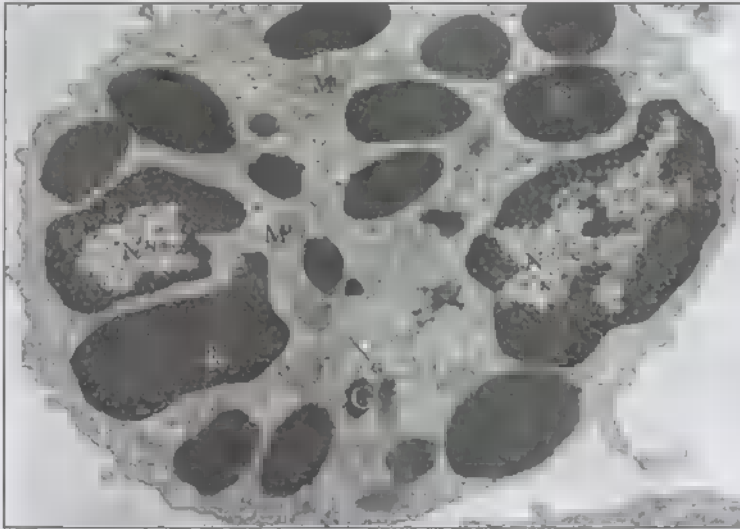
3.2.2 الخلايا قاعدية الاصطباغ Basophils

تتصف هذه الخلايا بالسّمات التالية:

أ. تشكل نسبة تقل عن 1% من خلايا الدم البيضاء ولذلك يصعب تعيينها في مسحات الدم ويتراوح قطرها بين 12 و 15 μm . ولها نوى على هيئة حرف S تنقسم إلى فصوص غير منتظمة.

ب. تحتوي حبيبات خاصة كثيرة لها قطر بحدود 0.5 μm (شكل 8)، وتظهر بلون أزرق داكن عند صبغها بمحلول رومانوفسكي، وذلك بسبب احتوائها هيبارين وهستامين. كذلك، تحتوي هذه الحبيبات ليكوترينات تسبب انقباض العضلات الملساء في حالات الحساسية.

ج. تحتوي كميات قليلة من الميتوكوندريا ومركب جولجي (شكل 8).



(شكل 8) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء قاعدية الاصطباغ. B = حبيبات

قاعدية الاصطباغ; G = جهاز جولجي; M = ميتوكوندريون; N = نواة.

4.2.2 الخلايا اللمفاوية Lymphocytes

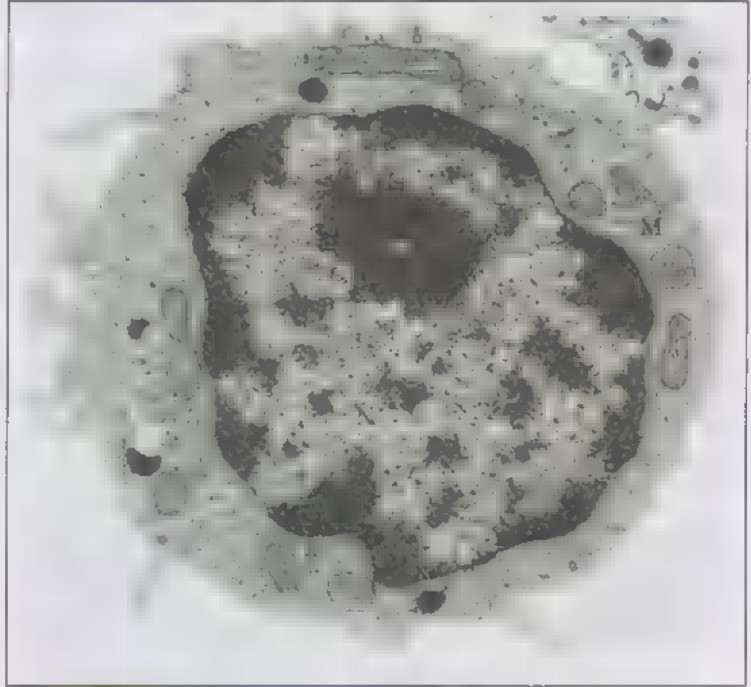
تصنف هذه الخلايا إلى عدة مجموعات اعتماداً على وجود جزيئات سطحية مميزة يمكن تحديدها بتقانة الكيمياء الخلوية المناعية immunocytochemistry. وتشارك هذه الخلايا في الدفاع عن الجسم ضد المواد الغريبة والخلايا السرطانية.

5

تكون الخلايا اللمفاوية إما صغيرة يتراوح قطرها بين 6-8 μm ، أو كبيرة، بقطر يبلغ حوالي 18 μm ، ويعتقد بأن الخلايا الكبيرة هي التي تنشط ب مولدات ضد antigens. وتتمايز إلى تائية (T) أو بائية (B).

أ. الخلايا اللمفاوية الصغيرة Small Lymphocytes

- هذه خلايا سائدة بالنسبة للخلايا اللمفاوية الكبيرة، وتتصف بالتالي:
1. لها نوى كروية ذات انغماد في بعض الأحيان، وتحتوي مادة كروماتين تظهر على هيئة تجمعات مكثفة (شكل 9). ولها سيتوبلازم رقيق يحتوي حبيبات قليلة محبة للون الأزرق.
 2. تحتوي ميتوكوندريا قليلة، وتجمعات ريبوسومية.



(شكل 9) صورة مجهرية إلكترونية لخلية دم بيضاء لمفاوية. M = ميتوكوندريون؛ N = نواة؛ nu = نوية

ب. الخلايا اللمفاوية الكبيرة Large Lymphocytes

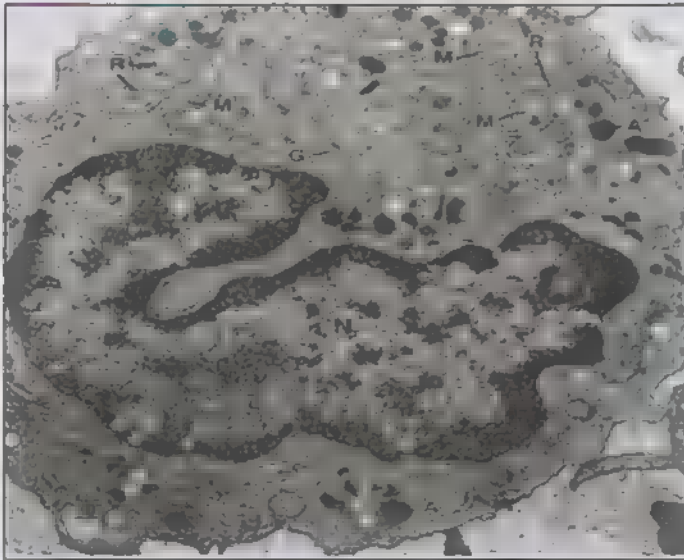
- وتشمل نوعين، هما: خلايا تائية (T) تتكون في الغدة الصعترية thymus gland. وخلايا بائية (B) تنشأ في نخاع العظم bone marrow في الثدييات، أو في كيس فابريشيوس bursa of Fabricius في الطيور، وهو كتلة من خلايا لمفاوية تقع بالقرب من منقرق cloaca الطيور.
1. اللمفاوية البائية B lymphocytes: تشكل حوالي 15% من الخلايا اللمفاوية وتحمل أجساماً مضادة عند حفزها نتيجة وجود مولدات ضد خاصة، وتتمايز لتكون خلايا بلازما تفرز

- كميات كبيرة من الأجسام المضادة. ويحيط بعض هذه الأجسام المضادة بالبكتيريا لجعلها سهلة التفكك من قبل الخلايا الأكولة عند التعرض ثانية لمولدات ضد متعددة.
2. اللمفاوية الثانية T lymphocytes: تشكل حوالي 80% من الخلايا اللمفاوية، وتشمل:
- الخلايا السامة cytotoxic cells وتدمر الخلايا الغريبة والخلايا المغذية بالفيروسات.
 - الخلايا المساعدة helper cell وتفرز مواداً تحفز خلايا T و B لمواجهة مولدات الضد ويتم تحطيمها من قبل فيروس الـ AIDS.
 - الخلايا الكابحة suppressor cells وتقمع الاستجابة لمولدات الضد الذاتية كما تثبط الاستجابة لمولدات الضد الغريبة.
 - خلايا ذاكرة memory cells وتستجيب لمودة مولدات ضد عند تعرض الجسم لها مسبقاً.

5.2.2 الخلايا الوحيدة Monocytes

لهذه الخلايا عدة صفات أهمها:

- أ. لها قطر يتراوح بين 12-20 μm ولها نوى تتخذ شكل حذوة حصان، أو شكل كلية (شكل 10)، ومادتها الكروماتينية منتشرة، ولذلك فإنها تصطبغ بدرجة أقل.
- ب. تحتوي حبيبات دقيقة (أجسام حائلة) محبة للون الأزرق.
- ج. تحتوي شبكة إندوبلازمية خشنة، وكذلك عدة ميتوكوندريا صغيرة و تجمعات ريبوسومية وفيرة، إضافة إلى جسم جولجي، ولها عدة خملات دقيقة وحوصلات شرب خلوي pinocytosis.



(شكل 10) صورة مجهرية إلكترونية لخلية أحادية. A = حبيبات محبة للأزور،

G = جسم جولجي، M = ميتوكوندريون.

د. تشكل أسلافاً لخلايا نظام بلعمة أحادي النواة **mononuclear phagocyte system**، وتستطيع هذه الخلايا عبور جدر الشعيرات الدموية لتستقر في الأنسجة الضامة حيث تتمايز إلى خلايا بلعية كبيرة **macrophages**. كذلك، تتعاون الخلايا الأحادية للمفاوية في التعارف والتفاعل بين مولدات الضد وخلايا المناعة.

هـ. تشكل حوالي 3-8% من خلايا الدم البيضاء، وتعيش لفترة تتراوح بين 24 و200 يوم.

ويبين الجدول التالي مقارنة بين خلايا الدم المختلفة من حيث القطر والعدد

نوع الخلايا	القطر (μm)	العدد في كل μL من الدم
1. خلايا الدم الحمراء	7.5-7	4.1×10^6 (في الذكور) 3.9×10^6 (في الإناث)
2. خلايا الدم البيضاء	15-12	10.000-6.000
أ. المتعادلة	15-12	60-70 %
ب. حامضية الأصباغ	15-12	2-4 %
ج. قاعدية الأصباغ	15-12	0-1 %
د. للمفاوية	18-6	20-30 %
هـ. الأحادية	20-12	3-8 %

* ترمز إلى النسبة من خلايا الدم البيضاء

3. الصفائح الدموية Platelets

1.3 صفات الصفائح الدموية

هذه أجزاء خلوية، وتدعى أحياناً خلايا الخثرة **thrombocytes** غير أنها لا تحتوي نوى، ومن أبرز صفاتها:

أ. لها شكل صفائح، وبقطر يتراوح بين 2-4 μm ، ويتراوح عددها بين 200.000 و400.000 في كل μL من الدم.

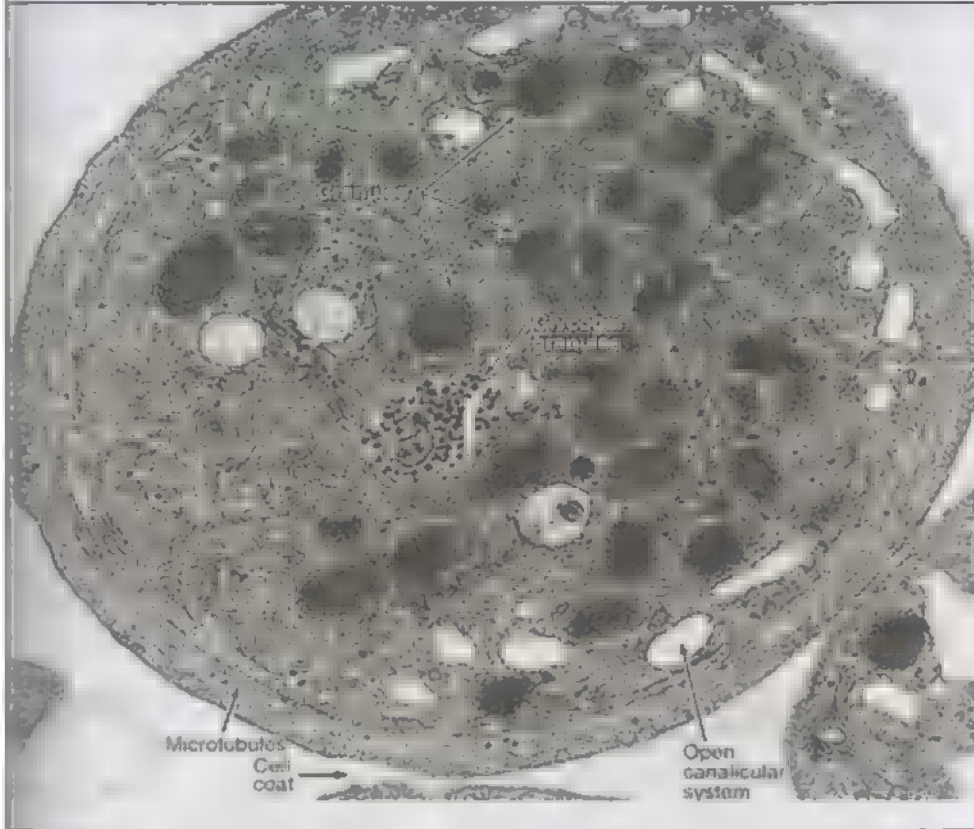
ب. تنشأ من تشظي خلايا كثيرة النوى **megakaryocytes** في نخاع العظم.

ج. تتكون من مناطق خارجية شفافة تصطبغ بلون أزرق باهت، وتسمى الجزء الشفاف **hyalomere**، وتحيط بمناطق مركزية تحتوي حبيبات أرجوانية، وتدعى الجزء الحبيبي **granulomere** (شكل 11).

د. تحتوي نظام قنيات مفتوحة **open canalicular system** يربط انغمادات غشاء البلازما مع بعضها (شكل 11)، ويرجع أن هذا النظام يسهل إطلاق الجزيئات المعنية بتخثر الدم.

هـ. يحتوي الجزء الشفاف حزماً من أنابيب دقيقة **microtubules** تدعم شكل الصفائح.

كذلك، يوجد في هذا الجزء نظام أنابيب كثيف **dense tubular system**، إضافة إلى جزيئات أكتين وميوسين التي تساهم في حركة الصفائح الدموية.



(شكل 11) صورة مجهرية إلكترونية لقطع في صفيحة دم

و. يوجد على سطح الغشاء الخلوي غلاف من كربوهيدرات بروتينية وبروتينات كربوهيدراتية ويعمل على التصاق الصفائح بمنطقة التخثر.

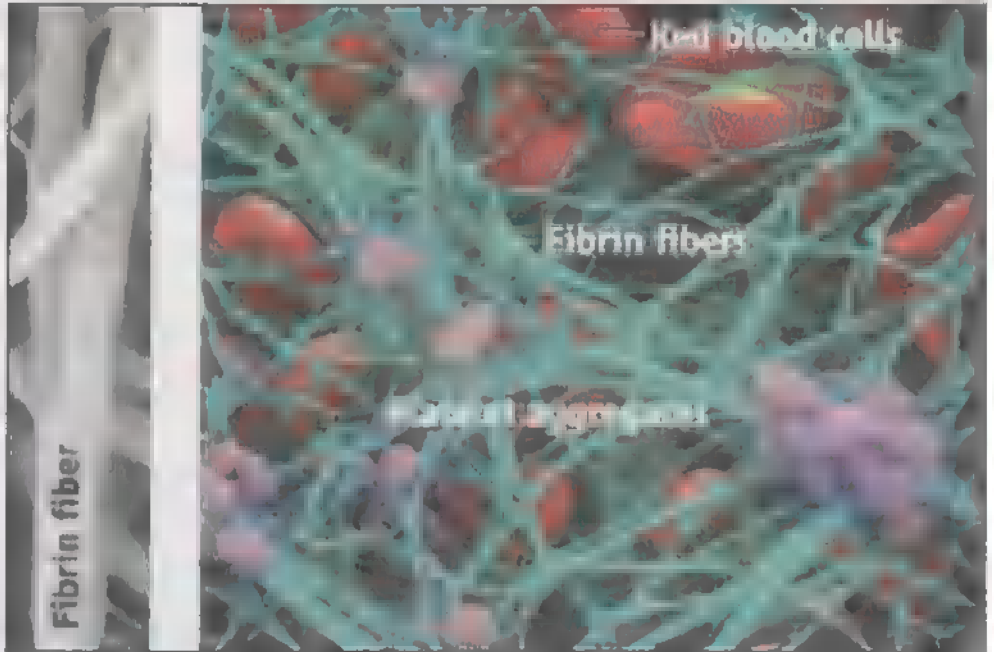
ز. يوجد في الجزء الحبيبي جزيئات جلايكوجين وعدد قليل من الميتوكوندريا، إضافة إلى غمد أنواع من الحبيبات، وهي:

1. حبيبات دلتا **delta granules** أو الأجسام الداكنة **dense bodies**، يتراوح قطرها بين 250 و300 μm ، وتحتوي أيونات كالسيوم وADP وATP وسروتونين **serotonin**.
2. حبيبات ألفا **alpha granules**، يتراوح قطرها بين 300-500 nm، وتحتوي مولد الليغين وعدة بروتينات أخرى.
3. حبيبات لامبدا **lambda granules**، وتحتوي إنزيمات تفكك ألياف الخثرة.

3.3 تكوّن الخثرة الدموية

يُمر تكوين الخثرة الدموية بعدة مراحل أبرزها:

- أ. تجميع أولي **primary aggregation**: حيث تتجمع الصفائح الدموية فوق ألياف كولاجين عند منطقة الجرح في بطانة الأوعية الدموية (شكل 12) وتكوّن سدادة صفائح **platelet plug**.
- ب. تجميع ثانوي **secondary aggregation**: وفيه تطلق الصفائح محتوياتها من حبيبات ألفا ودلتا، وكذلك **ADP** الذي يعزز تجميع الصفائح.
- ج. تخثر الدم **blood coagulation**: حيث تحدث سلسلة تفاعلات بين حوالي 13 نوعاً من البروتينات بواسطة عوامل تطلق من بلازما الدم والأوعية الدموية المعطوبة، وينتج عن هذه التفاعلات مبلّمر الألياف (فايبرين) **fibrin** الذي يشكل شبكة ليفية تحيط بخلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية، ويسمى ناتج هذا النشاط خثرة الدم **blood clot** (شكل 12).



(شكل 12) مكونات خثرة الدم (يمين) ويظهر إلى اليسار ليف خثرة كما يبدو في مجهر إلكتروني ماسح

- د. تراجع الخثرة **clot retraction** نتيجة التفاعل بين جزيئات أكتين وميوسين في الصفائح الدموية وبوجود **ATP** ويؤدي ذلك إلى انكماش ألياف الخثرة.
- هـ. إزالة الخثرة **clot removal** بزوال أليافها عبر تفاعلات تشمل إنزيمات حالة (من حبيبات لأمدا)، أبرزها إنزيم بلازمن **plasmin** الذي تفرزه بطانة الأوعية الدموية.

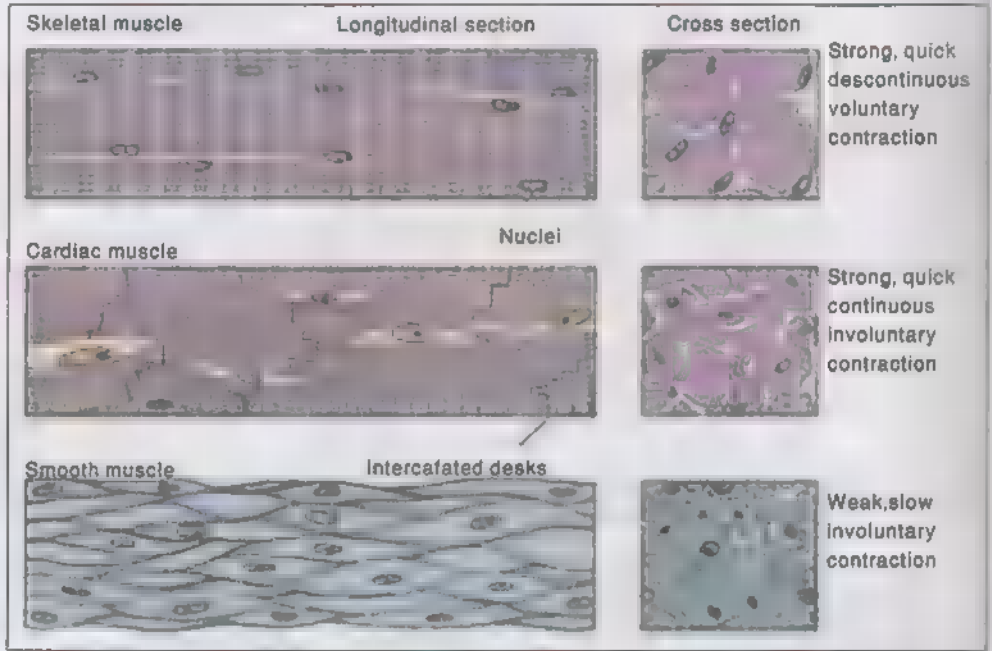
6

الفصل السادس الأنسجة العضلية Muscular Tissues

1. العضلات الهيكلية 107
2. العضلات القلبية 116
3. العضلات الملساء 118

6

تتكون الأنسجة العضلية من خلايا متميزة تحتوي بروتينات انقباضية، تولّد القوى اللازمة لتحريك جسم الإنسان وبعض أعضائه. ويمكن تصنيف الأنسجة العضلية إلى ثلاثة أنواع، هي: الهيكلية والقلبية والملساء. وتتألف العضلات الهيكلية من ألياف أسطوانية طويلة ومخططة عرضياً تنقبض إرادياً وبسرعة. وتتكون العضلات القلبية من ألياف طويلة ومتفرعة لها تخطيطات عرضية، وتتصل مع بعضها بواسطة أقرص بينية، ويكون انقباضها لا إرادياً وقوياً ومنتظماً. أما العضلات الملساء فإنها تتشكل من ألياف مغزلية الشكل لا تظهر أي تخطيطات عرضية، وتنقبض لا إرادياً وببطء (شكل 1).



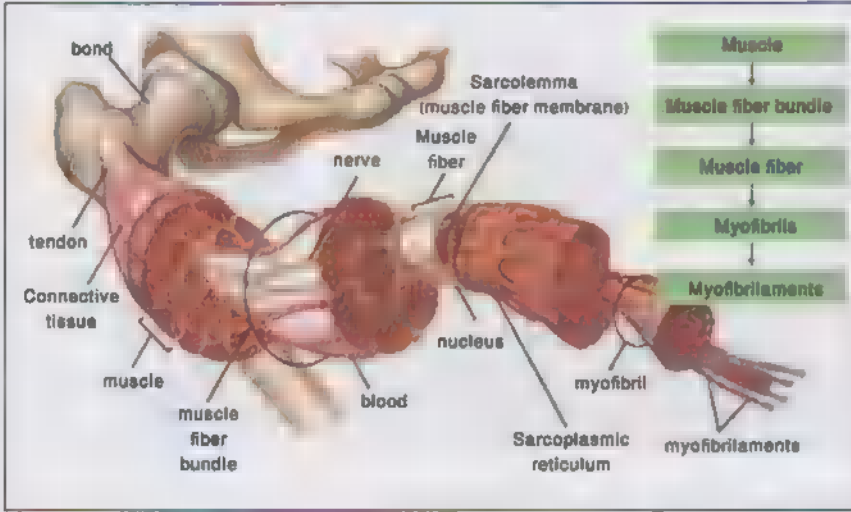
(شكل 1) رسم يبين سمات الأنسجة العضلية الثلاثة

1. العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

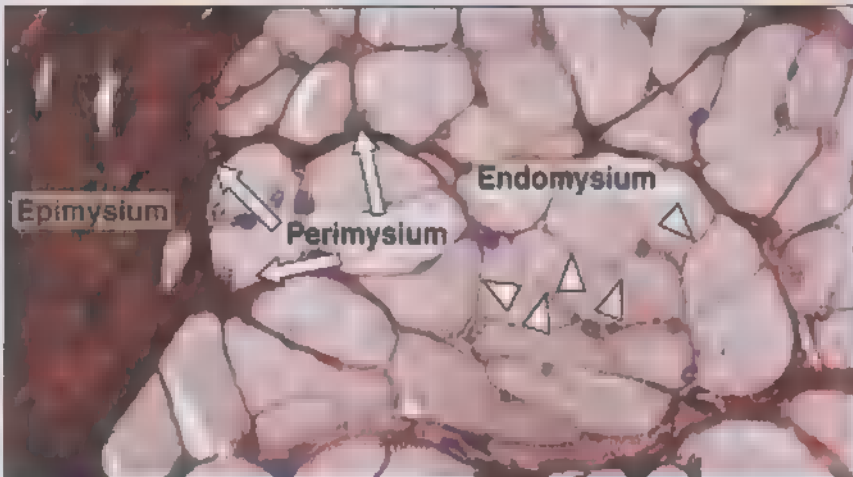
1.1 خصائص العضلات الهيكلية

- تتشكل كل عضلة من ألياف، وهي خلايا أسطوانية طويلة يتراوح قطرها بين 10 و100 μm . ويعتمد هذا التفاوت في قطر الخلايا العضلية على عوامل مثل التمارين الرياضية ونوع الغذاء والعمر والجنس.
- تحتوي كل خلية عضلية عدة نوى تقع تحت الغشاء الخلوي (شكل 1)، وبذلك تختلف عن الأنسجة العضلية الأخرى ذات النوى المركزية. ويظهر على طول الخلية تخطيطات داكنة وأخرى فاتحة (شكل 1)

ج. تتألف كل عضلة من حزم **bundles** من الألياف التي تحاط جميعها بفلاف مكون من نسيج ضام كثيف يدعى الفلاف العضلي الخارجي **epimysium** (شكل 3.2). وتمتد من هذا الفلاف حواجز تحيط بكل حزمة، ويشكل كل حاجز الفلاف العضلي المحيطي **perimysium**. كذلك فإن كل ليف عضلي **muscle fiber** يحاط بنسيج ضام رقيق يتكون من ألياف شبكية وصفيحة قاعدية. ويدعى هذا المحيط الفلاف العضلي الداخلي **endomysium** (شكل 3.2). وتحتوي الأنسجة الضامة المشار إليها شبكة وفيرة من الشعيرات الدموية والأوعية اللمفاوية.



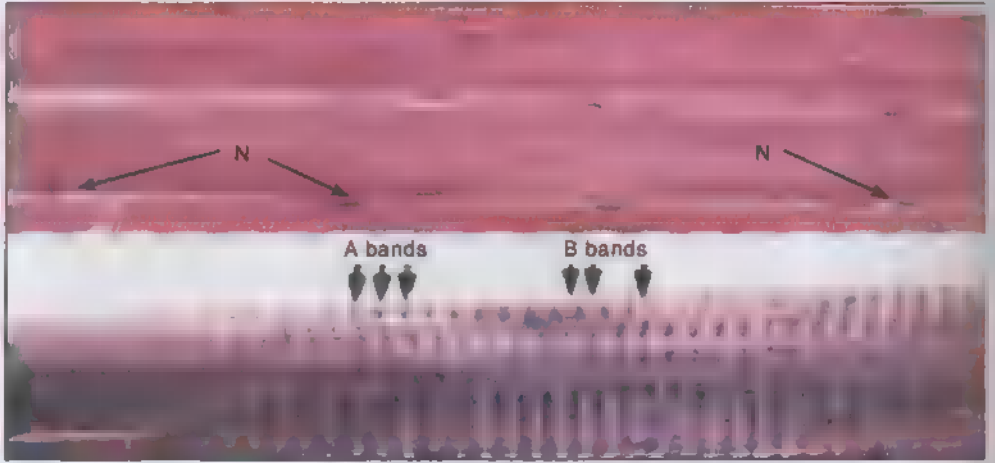
(شكل 2) رسم يبين مستويات التنظيم في النسيج العضلي الهيكل



(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية لنسيج عضلي هيكل يبين الأغلفة المحيطة

التركيب المجهرى للعضلات الهيكلية

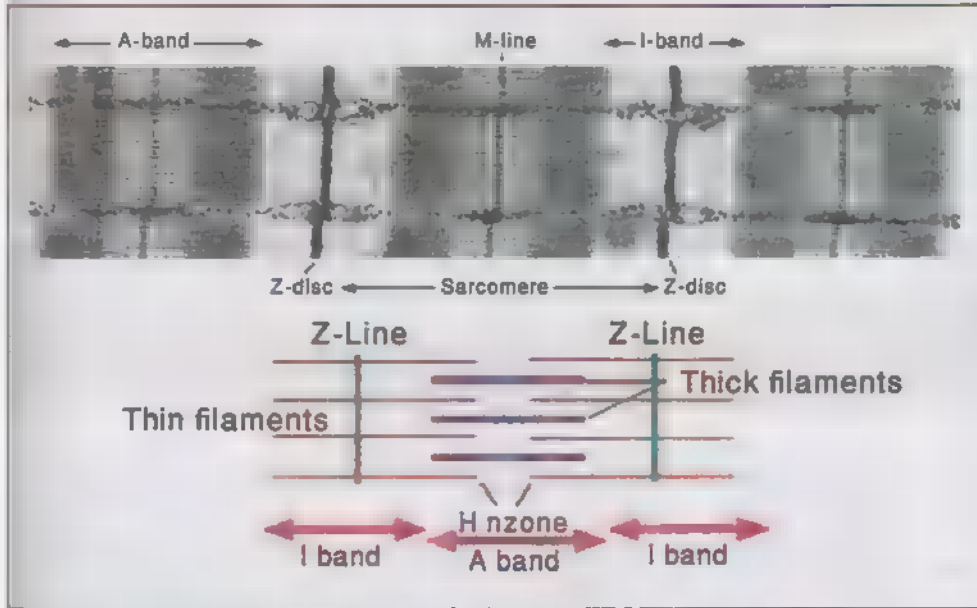
- أ. عند دراسة مقاطع طويلة من نسيج عضلي هيكلية مصبوغة ب هيماتوكسيلين وإيوسين تظهر تخطيطات عرضية داكنة تتوالى مع مناطق فاتحة (شكل 4)، وتدعى الحزم الداكنة حزم A وذلك إشارة إلى كلمة **anisotropic** التي تعني أن الحزم تغير شدة الضوء المستقطب، وتسمى الحزم الفاتحة حزم I وذلك إشارة إلى كلمة **isotropic** التي تعني أن الحزم لا تغير شدة الضوء المستقطب. كما يظهر في هذا الشكل تكون نوى الخلايا طرفية.
- ب. تحتوي كل خلية عضلية حزما من خييطات أسطوانية تدعى الليفات العضلية **myofibrils**، لها قطر يتراوح بين 1-2 μm (شكل 4).



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية لمقاطع طويلة في ليفات عضلية هيكلية. لاحظ حزم (A) الداكنة وحزم (I) الفاتحة والنوى الطرفية (N)

- ج. تتكون الليفات العضلية كما تبين الدراسة المجهرية الإلكترونية من قطع عضلية **sarcomeres** تمتد من منتصف حزمة I (وهو خط مستعرض داكن يدعى خط Z) إلى منتصف حزمة ثانية (شكل 5 - 7)، ويبلغ طول كل قطعة عضلية في حالة الاسترخاء حوالي 2.5 μm .
- د. تبين الدراسة المجهرية الإلكترونية أن نمط التخطيط في القطع العضلية يعود إلى وجود خييطات غليظة تدعى **myosin** في حزمة A وأخرى نحيفة تسمى **actin** في حزمة I، تتوازي مع المحور الطولي للليفات العضلية (شكل 5، 6).
- هـ. يبلغ طول الخييطات الغليظة حوالي 1.6 μm ، بينما يكون عرضها حوالي 15 nm وهي تشغل حزمة A في وسط القطعة العضلية. وتتوازي الخييطات النحيفة التي يبلغ طولها 1.0 μm وسمكها 8 nm مع الخييطات الغليظة وتنتشر حولها بنمط محدد، كما يظهر من الشكل 6.

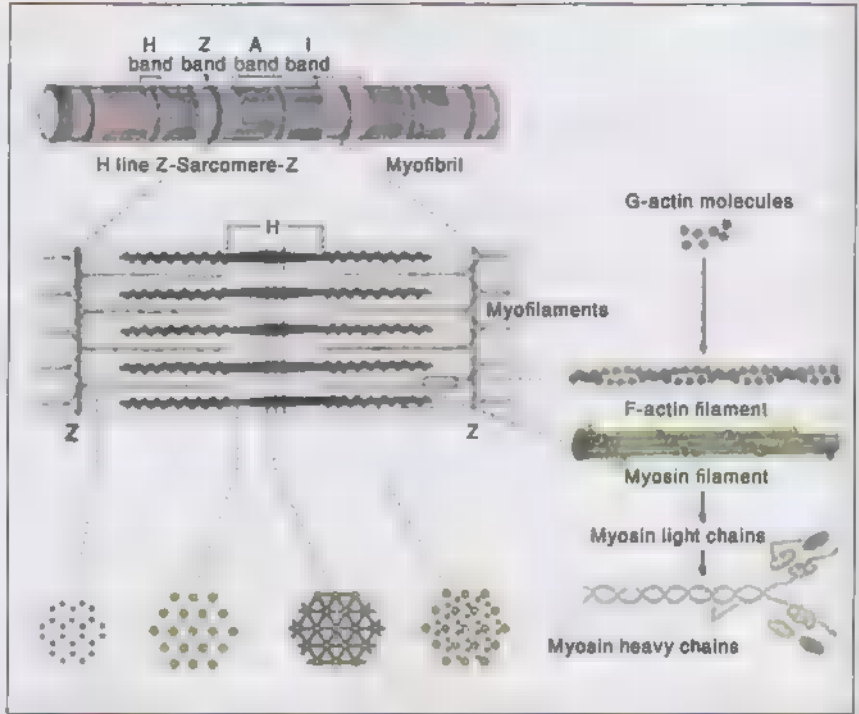
كذلك يظهر من هذا الشكل أن هذه الخييطات النحيفة تتصل بخط Z عند طرفي القطعة العضلية **sarcomeres**. ونلاحظ أيضاً أن حزمة I تتكون من خييطات نحيفة لا تتداخل مع الخييطات الغليظة. بينما تتألف حزمة A من خييطات غليظة متداخلة مع خييطات نحيفة، بحيث توجد ستة خييطات نحيفة حول كل خييط غليظ (شكل 6). وكما نلاحظ في الشكل 6، يوجد وسط كل حزمة غليظة منطقة تحتوي خييطات ميوسين فقط، ويطلق عليها حزمة H التي يقع في مركزها منطقة غليظة تشكل خط M. وهي منطقة ارتباط خييطات غليظة متجاورة (شكل 5-6). ومن أهم بروتينات هذه المنطقة إنزيم كرياتين كيناز **creatine kinase** الذي يحفز نقل مجموعة فوسفات من كرياتين المفسفر إلى ADP لتكوين ATP اللازم للانقباض العضلي.



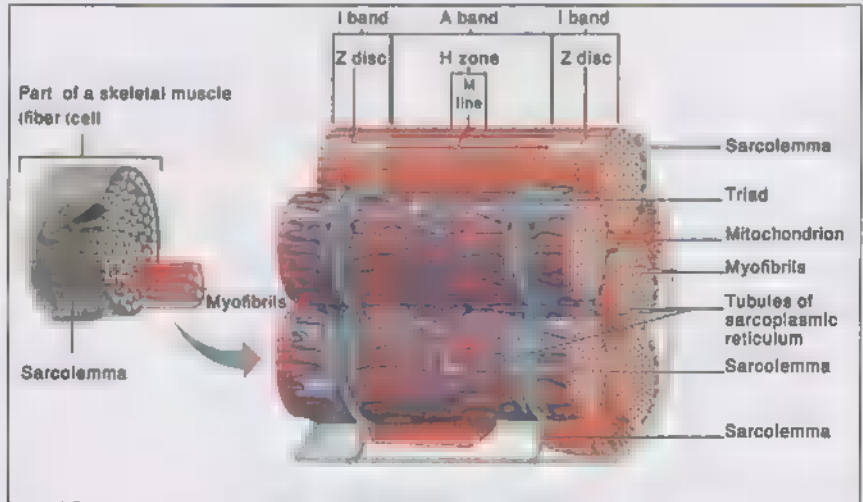
(شكل 5) صورة مجهرية إلكترونية تبين مكونات القطعة العضلية (فوق)، ومخطط يبين هذه المكونات (تحت)

وتحتوي الخلية العضلية شبكة عضلية داخلية **sarcoplasmic reticulum** وافرة (شكل 7). إضافة إلى أعداد كبيرة من الميتوكوندريا وحبيبات جلايكوجين، والبروتين العضلي **myoglobin** الذي يرتبط مع الأكسجين.

6



(شكل 6) رسم يبين التنظيم العضلي الهيكلي على المستوى الجزيئي. لاحظ المقاطع العرضية (الخط السفلي) التي تبين علاقة خييطات أكتين و ميوسين



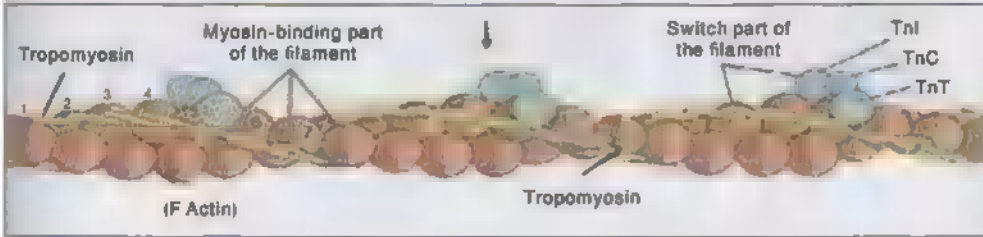
(شكل 7) رسم يبين توزيع الشبكة العضلية الداخلية حول خييطات خلية عضلية هيكليّة. لاحظ العلاقة بين هذه الشبكة والأنابيب المستعرضة

3.1 بروتينات الألياف العضلية الهيكلية

تحتوي خييطات **fibrils** الخلايا العضلية أربعة أنواع من البروتينات، هي:

أ. **أكتين actin**: ويتوفر على هيئة مبلمرات خييطية طويلة تتشكل من شريطين من أكتين حبيبي (**G actin**) بقطر يبلغ حوالي 5-6 nm، ويلتف الشريطان حول بعضهما ليكونا لولبا ثنائيا يشكل أكتين خيطي (**F actin**) (الشكل 8). ويحتوي كل جزيء أكتين موقع ارتباط لجزيء ميوسين، وترتكز خييطات أكتين على خط **Z** (في القطعة العضلية) بواسطة بروتين ألفا أكتينين (**a-actinin**)، حيث يعتقد أن البروتين الأخير يعمل مع بروتين دزمن **desmin** على ربط القطع العضلية المتجاورة.

ب. **تروبوميوسين tropomyosin**: وهو جزيء دقيق يبلغ طوله حوالي 40 nm ويتألف من سلسلتي بيتيد متعدد، تمتدان على هيئة خيطين على حواف الأخاديد التي توجد بين شريطي أكتين (شكل 8). لاحظ في الشكل المذكور أن جزيء تروبوميوسين يمتد على مدى سبعة جزيئات من **G** أكتين، وأنه يرتبط بـ تروبونين.



(شكل 8) رسم يبين أنواع البروتينات في الخلايا العضلية الهيكلية

ج. **تروبونين troponin**: ويتركب من ثلاث وحدات، هي: **TnT** التي ترتبط مع تروبوميوسين، و **TnC** التي ترتبط بأيونات الكالسيوم، و **TnI** التي تثبط التفاعل بين أكتين وميوسين. ويتصل تروبونين بموقع محدد على جزيء تروبوميوسين (شكل 8).

د. **ميوسين myosin**: يتكون من سلسلتين ثقيلتين **heavy chains** متطابقتين ومن أربعة سلاسل خفيفة **light chains** (شكل 6). أما السلاسل الثقيلة فهي جزيئات دقيقة عصوية الشكل. يبلغ طولها حوالي 150 nm ويتراوح سمكها بين 2-3 nm. ويوجد عند نهاية كل سلسلة ثقيلة بروزات حبيبية صغيرة تشكل رؤوساً، لها مواقع ارتباط بجزيء **ATP** وأكتين، وكذلك بالسلاسل الخفيفة (شكل 6). ولهذا الرؤوس القدرة على تفكيك جزيء **ATP**.

تجدر الإشارة إلى أن دراسة مقاطع رقيقة من خلايا عضلية تبين وجود جسور عرضية بين خييطات أكتين ورؤوس ميوسين، إضافة إلى بعض أجزائها العصوية، ويعتقد أن لهذه الجسور علاقة مباشرة بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية.

4.1 الشبكة العضلية الداخلية Sarcoplasmic Reticulum

تكون هذه الشبكة من كيبسات متداخلة ومتشعبة تحيط بكل ليف عضلي (شكل 6.5). وتكون أهمية هذه الشبكة في كونها تخزن أيونات Ca^{++} ، التي تطلق عند وصول السيال العصبي إلى أغشيتها. ولقد أشرنا سابقاً لدور هذه الأيونات في عملية التجسير بين أكتين وميوسين. وعند انتهاء موجة السيال العصبي تعاد أيونات الكالسيوم إلى كيبسات الشبكة، ويتوقف الانقباض العضلي.

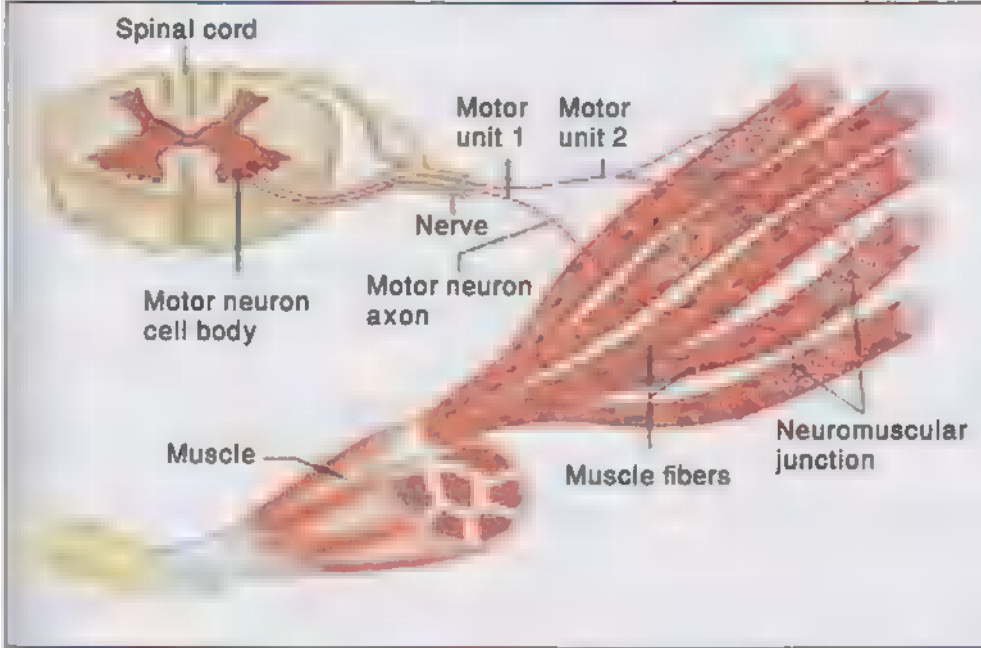
5.1 الأنابيب المستعرضة Transverse Tubules

ذكرنا سابقاً أن الخلية العضلية الهيكلية تحتوي شبكة عضلية داخلية وافرة، تعمل كمستودع لأيونات الكالسيوم، وتمتد من غشاء الخلية العضلية sarcolemma انغمادات تشكل شبكة من أنابيب مستعرضة transverse (T) tubules توجد عند منطقة اتصال حزمتي A و I (شكل 6.5).

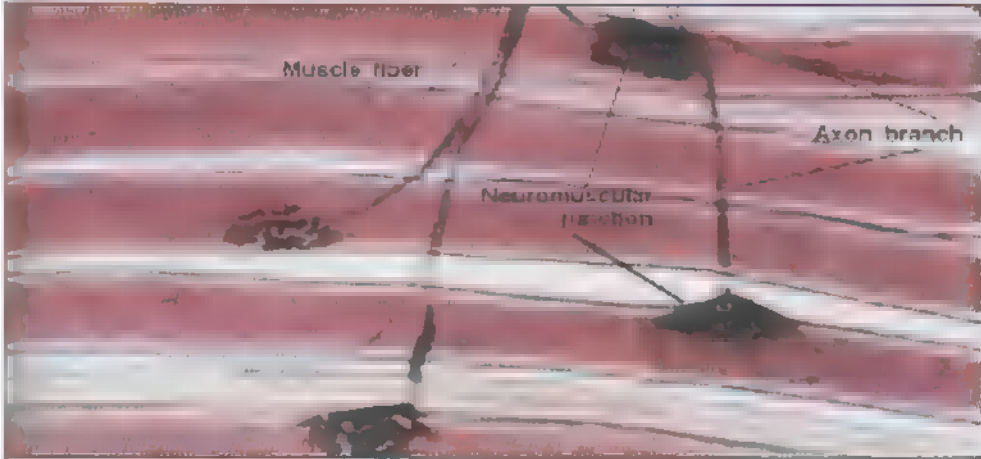
وتوجد عند جانبي كل أنيبب مستعرض كيبسات طرفية من الشبكة العضلية الداخلية، ويطلق على هذا التركيب المتخصص الذي يتشكل من أنيبب مستعرض وكيبسات طرفية عند جانبيه اسم الثلاثي triad (شكل 6.5)، الذي يبدأ عنده انعكاس قطبية غشاء الخلية العضلية. وينتقل هذا الانعكاس إلى داخل الشبكة المذكورة، حيث تطلق أيونات Ca^{++} اللازمة للانقباض العضلي، تنصل إلى محيط خييطات أكتين وميوسن التي ترتبط بجزيئات تروبونن. بعد ذلك يتم تجسير تلك الخييطات، وبالتالي انقباض الخلية العضلية. وكي نفهم آلية الانقباض العضلي، يجدر بنا دراسة الترابط العضلي العصبي أولاً.

6.1 الترابط العضلي العصبي Myoneural Junction

تتفرع محاور الألياف الحركية motor nerve fibers المحاطة بغمد ميليني داخل الفلاف العضلي المحيطي. وفي مواقع الارتباط بالنسيج العضلي يفقد المحور غمده ويشكل نهايات متسعة داخل أحواض على سطح الخلية العضلية (شكل 9، 10). وفي هذه المواقع تكون محاور الخلايا العصبية مغطاة بطبقة سيتوبلازمية رقيقة من خلايا شوان Schwann cells. وتوجد في النهايات التي أشرنا إليها عدة ميتوكوندريا وحوصلات ترابطية synaptic vesicles تحتوي الناقل العصبي أستيل كولين acetylcholine. ويسمى الحيز بين نهاية العصب وحوض الخلية العضلية شق الترابط synaptic cleft الذي يظهر في غشاء الخلية العضلية على هيئة ثنايا ترابطية junctional folds (شكل 9). وكما نلاحظ في هذا الشكل، يحتوي سيتوبلازم الخلية العضلية عدة نوى وميتوكوندريا كثيرة، إضافة إلى جسيمات جلايكوجين وريبوسومات. ويطلق على منطقة التقاء نهايات المحور العصبي بسطح الخلية العضلية اسم الترابط العصبي العضلي neuromuscular junction أو نهاية الصفيحة المحركة motor end plate (شكل 9-11).

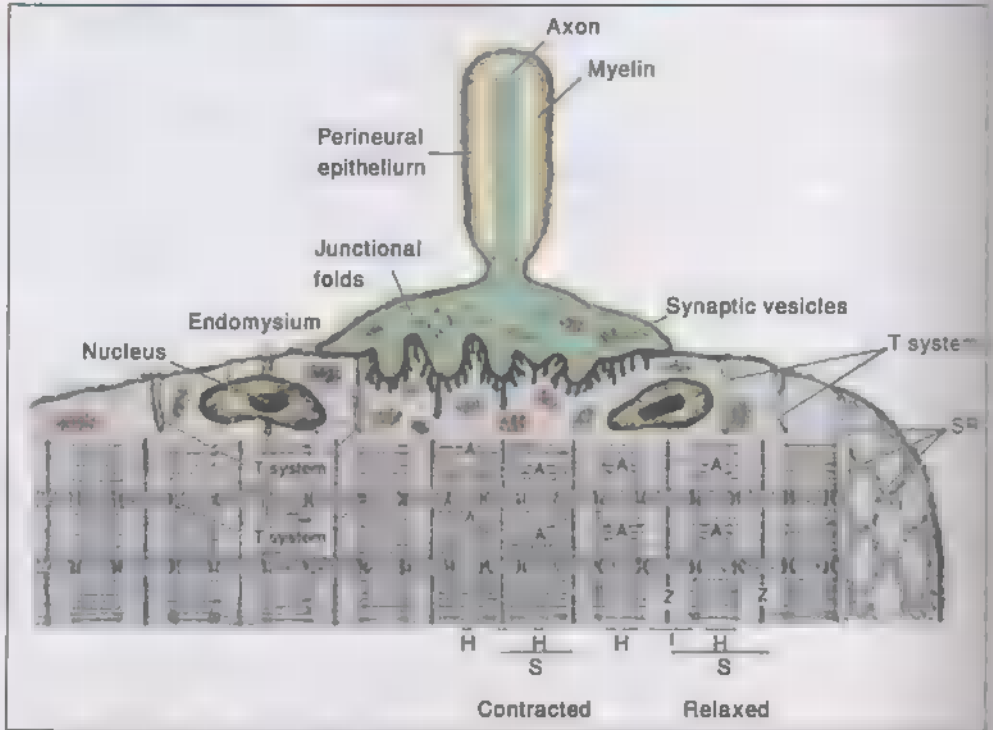


(شكل 9) رسم يبين العلاقة بين نهايات محور عصبي وألياف عضلية ومنطقة الترابط العصبي العضلي



(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية تبين العلاقة بين نهايات محور عصبي وألياف عضلية ومنطقة الترابط

العصبي العضلي



(شكل 11) رسم يبين التركيب الدقيق لمنطقة الترابط العضلي العصبي. لاحظ ثانيا غشائي الخلية العصبية والخلية العضلية وكذلك وجود أعداد كبيرة من الميتوكوندريا في جانبي الترابط. S = قطعة عضلية، SR = شبكة إندوبلازمية عضلية

7.1 آلية الانقباض العضلي

يعالج الانقباض العضلي بالتفصيل في مادة فسيولوجيا الحيوان، وفي هذا المساق سنشير إلى هذه الآلية بإيجاز كبير. بداية، تجدر الإشارة إلى أن القطع العضلية تحتوي في حالة الاسترخاء، خييطات أكتين وميوسن متداخلة جزئياً. ونظراً لأن هذه الخييطات تحافظ على أطوالها الأصلية أثناء الانقباض، الذي ينشأ عن زيادة التداخل بين الخييطات، تعتبر فرضية الانزلاق الخييطي **sliding filament** الأكثر رواجاً لتفسير آلية انقباض العضلات الهيكلية.

8.1 إنتاج الطاقة في العضلات الهيكلية

تتوفر الطاقة اللازمة لانقباض العضلات الهيكلية من مصدرين هما ATP وكرياتين المفسفر **phosphocreatine**. كذلك، تتوفر الطاقة في جزيئات جلایکوجین التي تشكل حوالي 1% من وزن الخلية العضلية. وبشكل عام، فإن الأنشطة التي تتطلب طاقة فورية ولفترة قصيرة، كما في حالة رفع الأثقال أو الغطس، تعتمد كلياً على مخزون الخلايا العضلية من ATP وكرياتين المفسفر. أما الأنشطة التي تتطلب طاقة لفترة طويلة فإنها تعتمد على التنفس اللاهوائي، ويتأتى عن ذلك تكوين الحمض اللبني **lactic acid** الذي يؤدي تراكمه في الخلايا إلى ألم شديد.

9.1 أنواع العضلات الهيكلية

يمكن تصنيف الألياف العضلية الهيكلية على أساس وظيفي وكيميائي نسيجي إلى ثلاثة أنواع هي: الألياف الحمراء red fibers التي تحتوي كميات كبيرة من الميوجلوبين myoglobin والسيتوكروم cytochrome، والألياف البيضاء white fibers التي تحتوي كميات قليلة من المادتين المذكورتين والألياف الوسيطة intermediate. ويبين الجدول 1 أبرز الفروقات بين هذه الأنواع.

جدول (1): الفروقات بين الألياف العضلية الهيكلية

السفة	الألياف الحمراء	الألياف البيضاء	الألياف الوسيطة
عدد الميتوكوندريا	كثير	قليل	متوسط
كمية الميوجلوبين	كثيرة	قليلة	متوسطة
كمية السيتوكروم	كثيرة	قليلة	متوسطة
سرعة الانقباض	بطيئة	سريعة	متوسطة
فترة الانقباض	طويلة	قصيرة	متوسطة
مصدر الطاقة	فسفرة التأكسد	تفكك جلايكوجين اللاهوائي	تفكك جلايكوجين اللاهوائي
مكان وجودها	عضلات الأطراف وصدر الطيور المهاجرة	عضلات صدر الدجاج وعين الإنسان	بقية عضلات الجسم

10.1 تزود العضلات الهيكلية بالدم والأعصاب

تتزود العضلات الهيكلية بوفرة من الشرايين التي تغترق الفلاف العضلي الخارجي والتي تنتهي كشعيرات تحيط بالألياف العضلية، كما يوجد في محيط الألياف العضلية وريدات وشعيرات لمفاوية. ويمكن أن يُعَصَّب الليف العصبي ليفاً عضلياً واحداً، أو قد يتفرع لِيُعَصَّب أكثر من مائة خلية عضلية. وتشكل الألياف العضلية مع الليف العصبي المرتبط معها وحدة حركية motor unit.

2. العضلات القلبية Cardiac Muscles

1.2 خصائص العضلات القلبية

توجد هذه العضلات في جدر القلب وكذلك في الأوردة الرئيسية التي تصب في القلب، وتتمثل خصوصية العضلات القلبية في قدرتها على الإنقباض لا إرادياً وبإيقاع مستمر. وعلى الرغم من

6

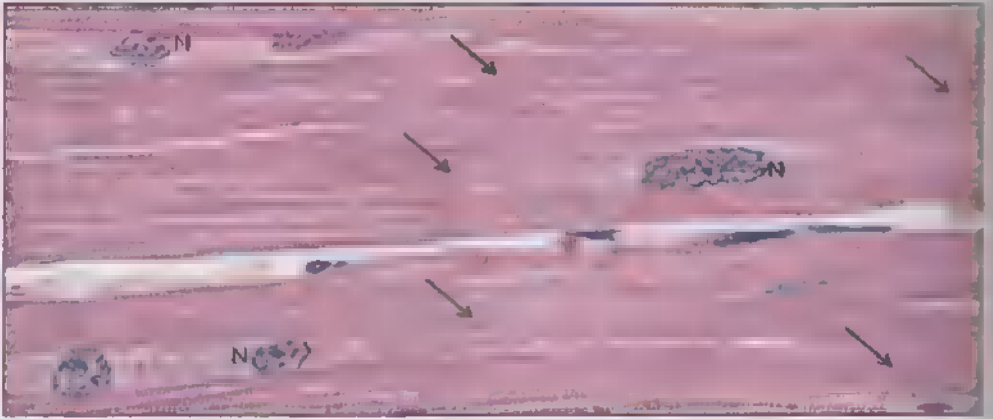
أ. ألياف العضلية القلبية تتشابه مع الألياف العضلية الهيكلية في كونها مخططة، إلا أنها تختلف عنها بعدة أمور هي:

ب. لا تكون مدمجات خلوية syncytia، بل تتشكل من وحدات خلوية تتصل بأقراص بينية intercalated disks تظهر على هيئة أدراج (شكل 12).

ج. لا تظهر على هيئة وحدات بسيطة أسطوانية الشكل، بل إنها تتفرع وتتصل مع ألياف متجاورة لتكوّن شبكة ليفية.

د. لها نوى مركزية الموقع، ويتراوح عددها في الخلية الواحدة بين واحدة واثنين (مقابل عدة نوى في الخلية العضلية الهيكلية).

هـ. لها طول يتراوح بين 90 و 100 μm ، بينما يبلغ قطرها حوالي 15 μm .

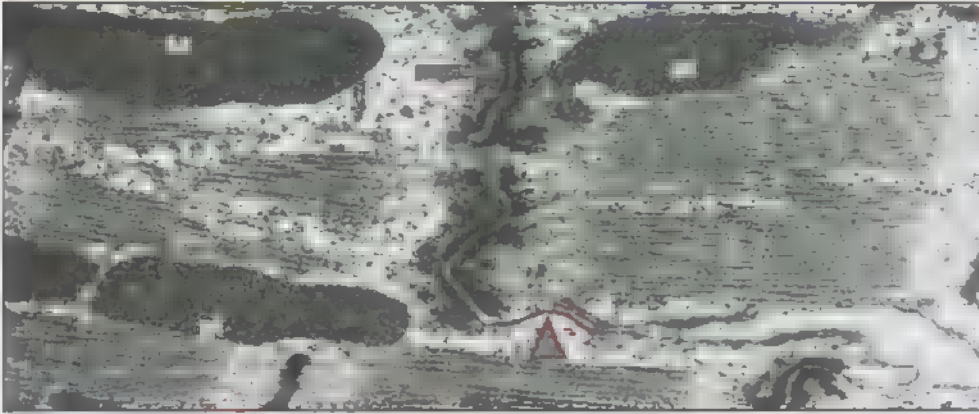


(شكل 12) صورة مجهرية ضوئية لألياف عضلات قلبية. لاحظ الأقراص البينية

(أسهم) والتخطيطات والنوى (N)

2.2 الأقراص البينية Intercalated Disks

تميّز هذه الأقراص الألياف العضلية القلبية، وهي تمثل مواقع ارتباط بين خلايا متجاورة، وتظهر هذه الأقراص على هيئة أدراج. وبدراسة هذه الأقراص بالمجهر الإلكتروني النافذ يمكن تمييز منطقتين: الجزء المستعرض transverse portion الذي يتعامد مع الألياف العضلية والجزء الجانبي lateral portion الذي يتوازي معها (شكل 13). ويحتوي الجزء المستعرض منطقة اتصال zonula adherens التي تعمل كمواقع تثبيت لخبيطات أكتين بغشاء الخلية العضلية، وأنسجماً رابطة desmosomes تشد الخلايا المتجاورة بقوة، وتمنعها من الانفصال أثناء الانقباض العضلي. أما الجزء الجانبي فيحتوي روابط فجوية gap junctions (شكل 13)، تزود الخلايا المتجاورة بالتواصل الأيوني، وهذا ما يسرّع انتشار موجة الانقباض العضلي في جدر القلب بتناسق كبير.



(شكل 13) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية عضلية قلبية تبين قرصاً بينياً، $M =$ ميتوكونديون: رأس سهم يشير إلى رباط فجوي وسهم يبين جسماً رابطاً.

3.2 التركيب الدقيق للعضلات القلبية

تتصف الخلايا العضلية القلبية بالنقاط التالية:

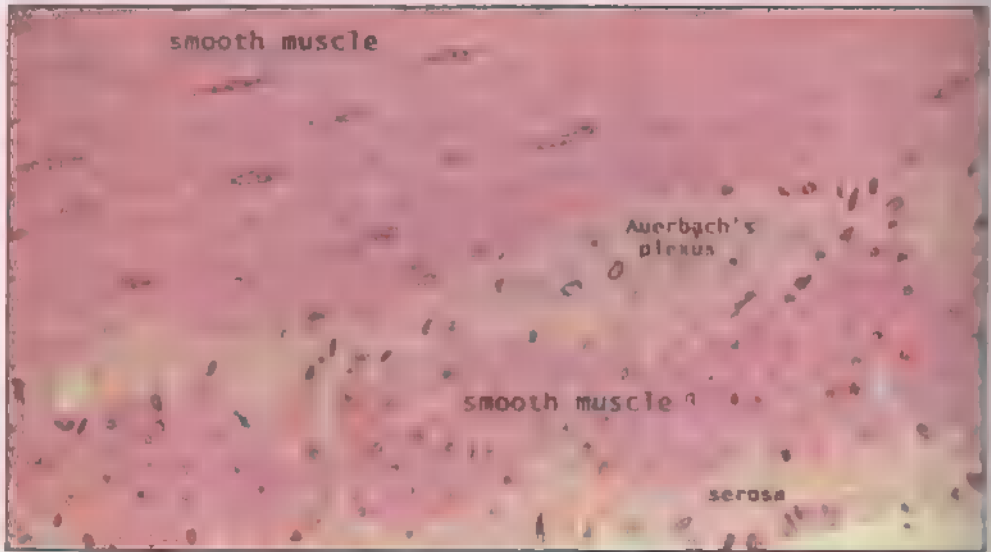
- أ. غشاء البلازما دقيق ويمتد منه أنيبات مستعرضة عند مستوى حزمة Z وليس عند ترابط حزمتي A و I (كما في العضلات الهيكلية)، والثلاثيات **triads** في هذه الخلايا قليلة، ذلك أن الأنيبات المستعرضة عادة ما تكون مرتبطة بجهة واحدة من كيبسات الشبكة العضلية الداخلية. ولذلك، فإن للعضلات القلبية ثنائيات **diads**.
- ب. الشبكة العضلية الداخلية أقل وفرة منها في الخلايا العضلية الهيكلية، وتوزع بشكل غير منتظم بين الخيوطات العضلية.
- ج. توجد عدة ميتوكونديريا تشغل حوالي 40% من جسم السيتوبلازم، مقابل نسبة 2% من حجم سيتوبلازم الخلايا العضلية الهيكلية. وتعد الأحماض الدهنية المصدر الرئيسي للطاقة في الألياف العضلية القلبية، حيث تخزن هذه الأحماض على هيئة جلسرايدات ثلاثية **triglycerides** في قطيرات دهنية.
- د. تحتوي كميات قليلة من الجلايكوجن بخلاف الألياف العضلية الهيكلية.

3. العضلات الملساء

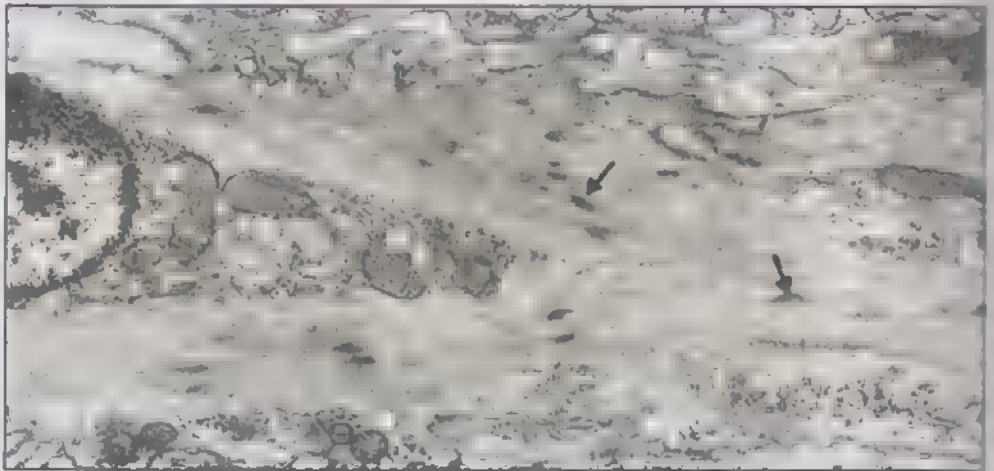
تتكون هذه العضلات من ألياف مفزلية الشكل تحاط بطبقة قاعدية وألياف شبكية. وتوجد هذه العضلات في الأعضاء التي تتحرك لا إرادياً كما في المعدة والأمعاء وقنوات التناسل والإخراج والتنفس. وكذلك في جدر الأوعية الدموية. وفي هذه الأماكن تنتظم الخلايا العضلية الملساء على هيئة صفائح كبيرة مما يساعد بانقباض النسيج العضلي كوحدة مدمجة.

صفات الخلايا العضلية الملساء

- أ. لها شكل مغزلي، ولذلك فهي عريضة في الوسط و مدببة عند الطرفين (شكل 14).
- ب. يتراوح طولها بين 15 و 20 μm ، وقد يصل هذا الطول إلى حوالي 500 μm كما في رحم امرأة حامل.
- ج. لها نوى مركزية المواقع (شكل 14).
- د. تنتظم بحيث يقع الطرف المستدق لكل خلية بجوار "بطن" خلية مجاورة. ولذلك، فإن مقطعاً عرضياً في نسيج عضلي أملس يظهر النوى في الأجزاء الخلوية العريضة فقط (شكل 14).



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية لخلايا عضلية ملساء بمقطع طولي (فوق) و بمقطع عرضي (تحت)



(شكل 15) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية عضلية ملساء تبين عدة ميتوكوندريا ونواة مركزية.

- هـ. تحتوي شبكة عضلية داخلية بدائية، ولا تحتوي أية أنيبوبات مستعرضة.
- و. تتجمع عدة ميتوكوندريا عند قطبي كل نواة (شكل 15)، إضافة إلى شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة وريبوسومات حرة وجسم جولجي نام.
- ز. لا تتظم خيطات أكتين وميوسين في الترتيب كما في الألياف العضلية الهيكلية، بل إنها تتقاطع في الخلية العضلية الواحدة لتكوّن نظاماً شبيكياً.
- ح. إضافة إلى خيطات أكتين وميوسن، تحتوي الخلايا العضلية الملساء خيطات متوسطة، تتكون من بروتينات أبرزها دزمن desmin وهامنتن vimentin.

2.3 أعصاب العضلات الملساء

تُعصب العضلات الملساء ب أعصاب ودية sympathetic ونظير ودية parasympathetic ولا توجد في هذا النسيج مناطق ترابط عضلي عصبي متطورة، كما في النسيج العضلي الهيكلية وغالباً ما نلاحظ نهايات محاور الأعصاب الذاتية على هيئة مجموعات من الانتفاخات في النسيج الضام المحيط. تستلم أغشية الخلايا الملساء نهايات عصبية تطلق الناقل العصبي أستل كولين acetylcholine أو أدرنالين adrenaline اللذين يؤثران على الخلايا العضلية بطريقة مضادة. وفي بعض الأعضاء يكون تأثير الناقل الأول محفزاً، بينما يكون هذا التأثير مثبطاً للناقل الثاني. وقد يكون الوضع معاكساً لذلك في أعضاء أخرى. ونظراً لأن العضلات الملساء تنقبض تلقائياً بغياب أي منبه عصبي، فإن تزود هذه العضلات بالأعصاب يضبط الانقباض ولا يستهله. وفي نهاية حديثنا عن الأنسجة العضلية، فإننا نلخص أهم خصائصها في الجدول رقم 2.

جدول (2): أهم خصائص أنواع العضلات

نوع العضلات	الانقباض	موقع وعدد النوى	الشكل	التخطيطات
هيكلية	قوي، إرادي متقطع، سريع	طرفة، أكثر من اثنتين	اسطوانية	موجودة
قلبية	قوي، متواصل، سريع، لا إرادي	مركزي 1-2	اسطوانية	موجودة
ملساء	ضعيف، بطيء، لا إرادي	مركزي، واحد	مغزلي	غير موجودة

الفصل السابع

7

الأنسجة العصبية والجهاز العصبي

Nervous Tissues & The Nervous System

136.....	7. العقد العصبية	123.....	1. تركيب العصبونات
138.....	8. الجهاز العصبي المركزي	125.....	2. أنواع العصبونات
141.....	9. السحايا	127.....	3. الدبق العصبي
143.....	10. الحاجز الدموي الدماغي	130.....	4. تركيب الألياف العصبية
143.....	11. الضفيرة المشيمية	133.....	5. الأعصاب
144.....	12. السائل الدماغي الشوكي	135.....	6. الجهاز العصبي الذاتي

يعتبر الجهاز العصبي أكثر أجهزة الجسم تعقيداً، ويتشكل هذا الجهاز من حوالي مائة بليون خلية عصبية، تتوزع في جميع أنحاء الجسم كشبكة اتصالات مترابطة. ويتكون النسيج العصبي من خلايا عصبية (عصبونات) *neurons*، تنقل منبهات من داخل الجسم وخارجه إلى الجهاز العصبي المركزي، وتحمل الاستجابات من هذا الجهاز إلى الجهات المتأثرة التي قد تكون خلايا عصبية أخرى، أو خلايا عضلية أو غدية. كذلك، فإن الدبق العصبي *neuroglia*، الذي يوفر الحماية والدعم والتغذية والدفاع للخلايا العصبية، يشكل نوعاً آخر من النسيج العصبي. في هذا الفصل، سندرس تركيب وأنواع وتنظيم الخلايا العصبية وخلايا الدبق العصبي، كما سنعالج بإيجاز الجهازين العصبيين المركزي والذاتي.

1. تركيب العصبونات

العصبونات هي وحدات التركيب والوظيفة في الجهاز العصبي، وهي مسؤولة عن استقبال ونقل ومعالجة المنبهات الخارجية والداخلية التي يتعرض لها الجسم، بهدف تحفيز أنشطة خلوية مختلفة مثل الانقباض والإفراز والأنشطة الذهنية المختلفة. وتتشكل معظم العصبونات من ثلاثة مكونات، هي: جسم الخلية *cell body* والزوائد الشجرية *dendrites*، والمحور *axon* (شكل 1).

1.1 جسم الخلية *Cell Body*

يحتوي هذا الجزء النواة والسيتوبلازم المحيط بها، باستثناء البروزات الخلوية، ويتراوح قطر جسم الخلية العصبية بين 15 و 20 μm وقد يصل أحياناً إلى 80 μm . ومن أبرز وظائف جسم الخلية التغذية واستلام المنبهات العصبية، ونشرح فيما يلي مكونات جسم الخلية.

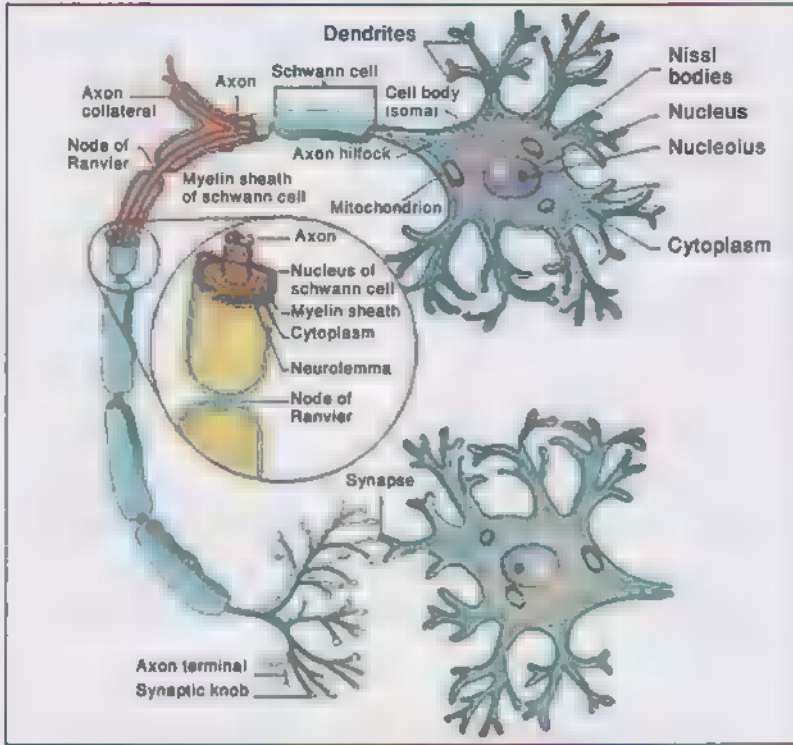
أ. النواة: تكون النواة كروية الشكل وكبيرة الحجم ولها نوية بارزة ومادة كروماتينية منتشرة (شكل 2). وتتمكس الصفة الأخيرة النشاط الأيضي الكبير للعصبونات.

ب. الشبكة الإندوبلازمية الخشنة: هذه شبكة كبيرة تتكون من كيبسات متوازية تحتوي أعداداً كبيرة من الريبوسومات. وتظهر هذه الشبكة في المجهر الضوئي كمناطق حبيبية تدعى أجسام نسل *Nissl bodies* (شكل 2).

ج. سم جولجي: يتشكل هذا الجسم من عدة كيبسات ملساء متوازية تتوزع حول النواة (شكل 2). كذلك، توجد كيبسات كروية صغيرة تمثل حوصلات نقل وإفراز.

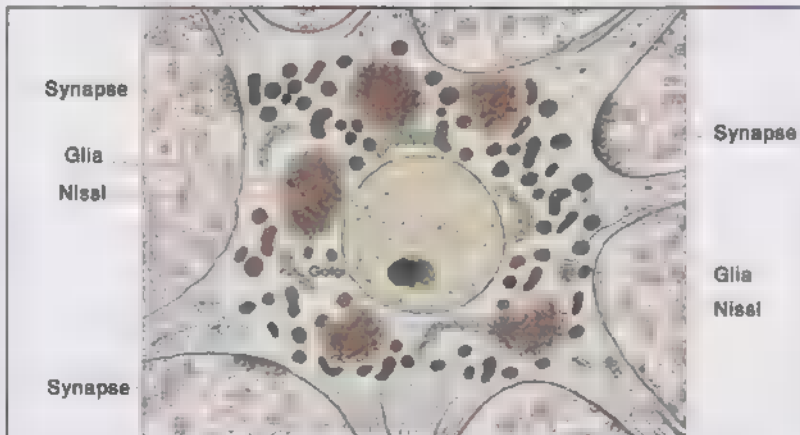
د. الميتوكوندريا: تتوزع هذه العضيات في محيط النواة وتزداد أعدادها في نهايات المحاور العصبية.

هـ. الإخيطات والأنابيب الدقيقة: يحتوي جسم الخلية العصبية، وكذلك الزوائد الشجرية والمحاور العصبية، كميات وافرة من الإخيطات المتوسطة *intermediate filaments* (قطرها حوالي 10 nm)، كما يوجد في جسم الخلية أنابيب دقيقة (قطرها حوالي 24 nm).



(شكل 1) رسم لمكونات خلية عصبية

تجدر الإشارة إلى أن أجسام الخلايا العصبية توجد في المنطقة الرمادية gray mater في الجهاز العصبي المركزي على هيئة تجمعات تدعى نوى nuclei، كما توجد في تراكيب تسمى العقد العصبية ganglia في الجهاز العصبي الطرفي.



(شكل 2) رسم يبين التركيب الدقيق لجسم خلية عصبية.

2.2 الزوائد الشجرية Dendrites

يكون لمعظم العصبونات عدة زوائد شجرية (شكل 1) تزيد فعالية المساحة المستقبلية للمنبهات، وتساعد تفرعات الزوائد الشجرية على استلام عدد كبير من نهايات محاور عصبونات أخرى. وعلى سبيل المثال، يقدر عدد نهايات المحاور التي تتصل بالزوائد الشجرية لـ خلية بركنجي Purkinj cell واحدة في قشرة المخيخ (شكل 3) cerebellar cortex بحوالي 200,000 ، غير أن بعض العصبونات ثنائية القطبية bipolar neurons لها زائدة شجرية واحدة، كما في شبكية العين. والزوائد الشجرية قصيرة وتتناقص في قطرها كلما تفرعت، كما تظهر بروزات شوكية الشكل على أسطحها، وهي لا تحاطب غلاف نخاعي myelin sheath، كما في المحاور. وتحتوي الزوائد الشجرية عدة ميتوكوندريا وأجسام نسل، إضافة إلى الخييطات المتوسطة والأنابيب الدقيقة.

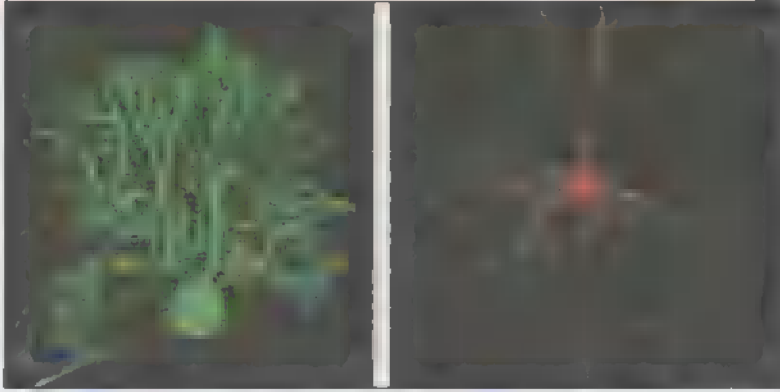
3.3 المحاور Axons

ينشأ المحور من منطقة هرمية الشكل في العصبونة تدعى قل المحور axon hillock (الشكل 1)، بحيث يمتد من هذه المنطقة كزائدة أسطوانية الشكل قد يصل طولها إلى حوالي 100 سم، كما في محاور العصبونات المخركة motor neurons التي تخرج من الحبل الشوكي لتعصب عضلات القدم. وتجدر الإشارة إلى أن قل المحور لا يحتوي ريبوسومات وشبكة إندوبلازمية خشنة (بخلاف جسم الخلية العصبية والزوائد الشجرية)، ولكنه يحتوي حزاماً من الأنابيب الدقيقة. أما سيتوبلازم المحور axoplasm فيحتوي عدداً قليلاً من الميتوكوندريا والأنابيب الدقيقة والخييطات المتوسطة وشبكة إندوبلازمية ملساء صغيرة. وبخلاف الوضع في الزوائد الشجرية، فإن المحور لا يظهر إلا القليل من التفرع. وفي أحيان قليلة، ينشأ من المحور فرع أو أكثر وذلك بعد مسافة بسيطة من خروجه من جسم الخلية (شكل 1)، وتسمى هذه الفروع بالمصاحبة collateral.

تنتهي المحاور عند نقاط تشابكها بخلايا عصبية أخرى أو غيرها من الخلايا المتأثرة، بانقفاخات، تدعى النهايات التشابكية synaptic terminals، الفنية بوفرة الميتوكوندريا والتي تحتوي بدورها حويصلات تشابكية synaptic vesicles (شكل 1) التي تحمل ناقلات عصبية neu-rottransmitters. ويتراوح قطر هذه الحوصلات بين 25-60 nm، كما في تلك التي تطلق الناقل العصبي نور إينفرين norepinephrine.

2. أنواع العصبونات

تختلف العصبونات في أحجامها وأشكالها (شكل 3)، ويمكن تقسيمها حسب أسس، منها عدد البروزات والوظيفة.



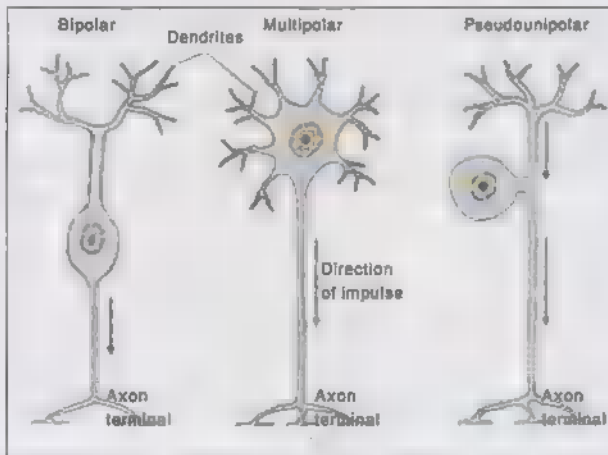
(شكل 3) صورة لمصبونة متعددة الأقطاب لها شكل هرمي وتوجد في قشرة المخ (يمين) وأخرى لمصبونة تشبه نبتة الشومر وتدعى خلية بركنجي وتوجد في قشرة المخيخ (يسار).

1.2 أنواع المصبونات حسب عدد البروزات

أ. المصبونات متعددة الأقطاب multipolar neurons ولها محور واحد وزائدتين شجريتين أكثر. وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً (شكل 4).

ب. المصبونات ثنائية القطبية bipolar neurons، ولها محور واحد وزائدة شجرية واحدة وتوجد في عقدة عصب القوقعة cochlea (الأذن الداخلية) وفي شبكية العين retina (شكل 4).

ج. المصبونات أحادية القطبية الكاذبة pseudounipolar، وهي ذات بروز واحد قريب من جسم الخلية ثم يتفرع إلى فرعين، واحد يمتد باتجاه جسم الخلية العصبية، وآخر يتجه بعيداً عنها (شكل 4). ويوجد هذا النوع في عقد الأعصاب الشوكية spinal nerves وفي معظم عقد الأعصاب الدماغية cranial nerves.



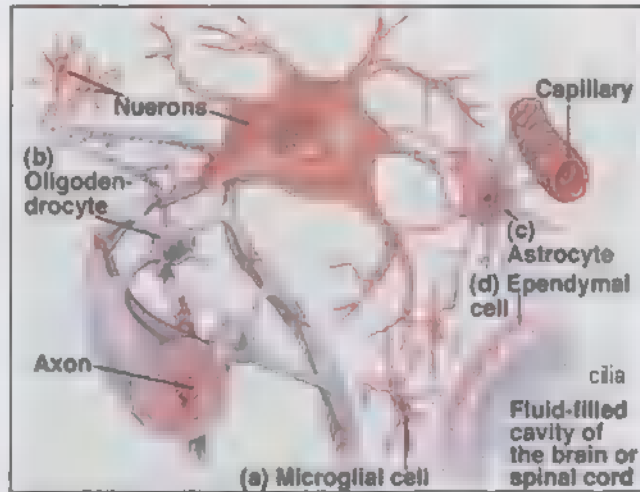
(شكل 4) أنواع المصبونات حسب عدد البروزات

2.2 أنواع العصبونات حسب الوظيفة

- أ. العصبونات الحسية (الواردة) **sensory (afferent) neurons** ، التي تنقل المنبهات من خارج الجسم وداخله إلى الجهاز العصبي المركزي.
- ب. العصبونات الحركية (الصادرة) **motor (efferent) neurons** ، وهي تحمل الاستجابات من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المتأثرة مثل العضلات والفرد القنوية والصماء.
- ج. العصبونات البينية **interneurons** ، وهي تربط بين عدة عصبونات لتكوّن سلاسل عصبية كما في شبكة العين.

3. الدبق العصبي **Neuroglia**

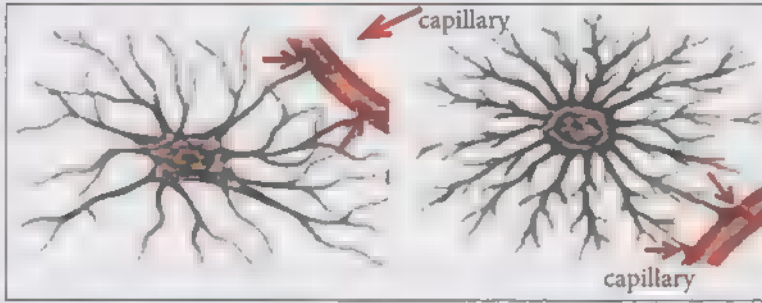
- هذه خلايا غير معنية بنقل المنبهات العصبية، وتنتشر في الجهاز العصبي حيث تتوفر عشر خلايا دبقية مقابل خلية عصبية واحدة، لكن صغر حجم الخلايا الدبقية يجعلها تشغل حوالي نصف حجم النسيج العصبي فقط.
- لا تظهر خلايا الدبق العصبي في التحضيرات المجهرية التقليدية التي تستعمل فيها صبغتي هيماتوكسيلين وإيوسين، ذلك أن هذه التحضيرات تبين نوى الخلايا الدبقية فقط، بينما لا تظهر بيروقاتها ولا سيتوبلازمها. ومن أجل دراسة الخصائص الشكلية العامة للخلايا الدبقية فإن التحضيرات المجهرية لهذه الأنسجة تعالج بأصبغ أيونات الفضة.
- تشمل خلايا الدبق العصبي عدة أنواع هي: النجمية **astrocytes**، وقليلة التفرع **oligodendrocytes**، والدبقية الدقيقة **microglia** والبطانية **ependyma** (شكل 5). ونعالج فيما يلي أبرز سمات ووظائف هذه الأنواع.



(شكل 5) أنواع خلايا الدبق العصبي

1.3 الخلايا النجمية Astrocytes

- هذه أكبر الخلايا الدبقية، وأكثرها شيوعاً، وتسم بالصفات التالية:
- أ. لها عدة بروزات، توجد للكثير منها نهايات منتفخة تتصل بالشعيرات الدموية وتلتف حولها وتسمى هذه النهايات الأقدام الدموية vascular feet (شكل 6). كذلك تكون بروزات هذه الخلايا حاجزاً تحت الأم المحتون pia mater في منطقتي الدماغ والحبل الشوكي.
 - ب. يحتوي سيتوبلازمها على عضيات قليلة جداً، وعدة خيوطات متوسطة.
 - ج. تعطي الدعم البنيوي للنسيج العصبي وتتجدد عند تعرضه للأذى.
 - د. تكون بروزاتها حاجزاً عازلاً بين الدم والنسيج العصبي المركزي، لتساهم في استقرار البيئة الكيميائية الداخلية لهذا النسيج، كما أنها تؤثر في تكوين الغمد المييليني بتفاعلها مع الخلايا قليلة التفرع. والخلايا النجمية نوعان، هما: البروتوبلازمي protoplasmic والليفوي fibrous (شكل 6). ويبين الجدول 1 أبرز الفروقات بينهما:



(شكل 6) خلية نجمية بروتوبلازمية (يمين) و خلية نجمية ليفية (يسار). لاحظ الأقدام الدموية المنتفخة للخليتين (أسهم) واتصالها بالشعيرات

الجدول (1): أبرز الفروقات بين الخلايا النجمية البروتوبلازمية والليفية

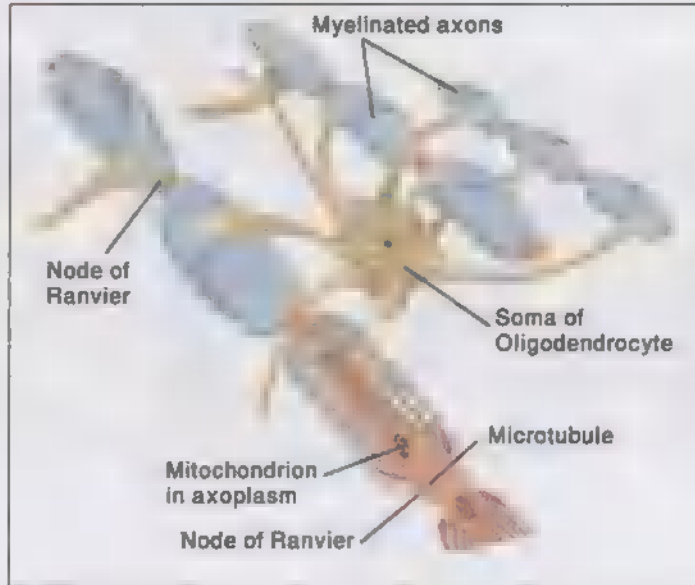
الخلايا الليفية	الخلايا البروتوبلازمية	
غني بالخيوطات المتوسطة	حبيبي جداً	السيتوبلازم
قليلة التفرع، ونحيفة وطويلة	عديدة التفرع وغلظية وقصيرة	البروزات
المادة البيضاء في الدماغ والحبل الشوكي	المادة الرمادية في الدماغ والحبل الشوكي	الموقع

2.3 الخلايا قليلة التفرع Oligodendrocytes

- أ. هذه الخلايا أصغر حجماً من الخلايا النجمية، كما أن بروزاتها أقل وأقصر من بروزات الخلايا الأخيرة (شكل 5)، وتمتاز نواها باصطباغ أقوى.
- ب. توجد في المادتين الرمادية والبيضاء. ففي المادة الرمادية، تظهر هذه الخلايا بالقرب من أجسام الخلايا العصبية، أما في المادة البيضاء، فإنها تظهر مصطفة بين الألياف العصبية المحاطة بغمد نخاعي.

7

- ج. تشكل الغمد النخاعي في الجهاز العصبي المركزي (شكل 7). وبذلك تتناظر هذه الخلايا وظيفياً مع خلايا شوان Schwann cells.
- د. تحتوي عدة ميتوكوندريا، وجسم جولجي كبير وأنابيب دقيقة كثيرة، إضافة إلى شبكة إندوبلازمية وافرة.



(شكل 7) خلية دقيقة قليلة التفرع تكون أغلفة نخاعية جول عدة محاور

3.1 الخلايا الدبقية الدقيقة Microglia

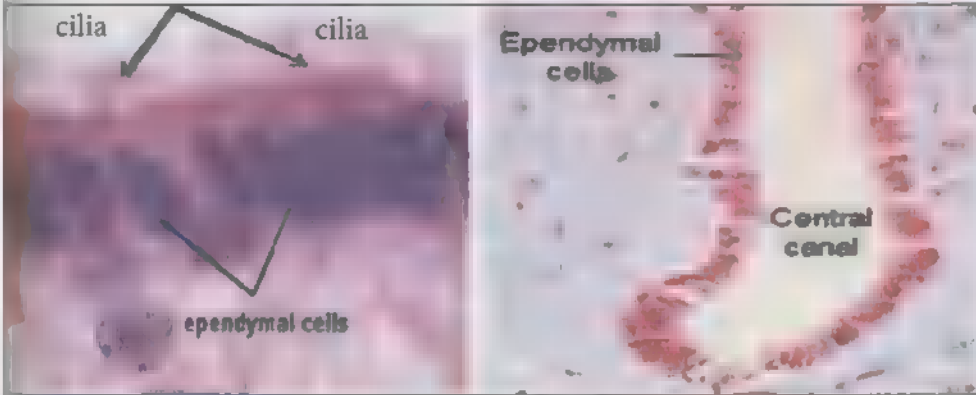
- هذه خلايا أكولة تمثل نظام البلعمة أحادي النوى mononuclear phagocyte system في الجهاز العصبي، ومن سماتها:
- أ. أجسامها الخلوية صغيرة وكثيفة ومستطيلة.
 - ب. لها نوى بيضاوية كثيفة، ويساعد شكل النوى في تمييز هذه الخلايا في التحضيرات المجهرية التقليدية المصبغة بهيماتوكسلين وإيوسين.
 - ج. لها بروزات قليلة متعددة وصغيرة، وهذا ما يعطي الخلايا مظهراً شوكياً.
 - د. توجد في المادتين الرمادية والبيضاء.

3.2 الخلايا البطانية Ependymal Cells

- تنشأ هذه الخلايا من الطبقة الطلائية للأنبوب العصبي، وهي تبطن تجاويف الدماغ والحبل لشوكي (القناة المركزية) التي تحتوي السائل الدماغي الشوكي cerebrospinal fluid. ولهذه

الخلايا صفات، أبرزها:

- أ. لها عدة ميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية خشنة ضئيلة، إضافة إلى جسم جولجي.
- ب. لها أهداب تحرك السائل الدماغي الشوكي في تجاويف الجهاز العصبي المركزي (شكل 8).
- ج. تظهر الأسطح الجانبية لبعض هذه الخلايا روابط فجوية وأحزمة التصاق، تسمح بإيصال السائل الدماغي الشوكي إلى خلايا في عمق النسيج العصبي.



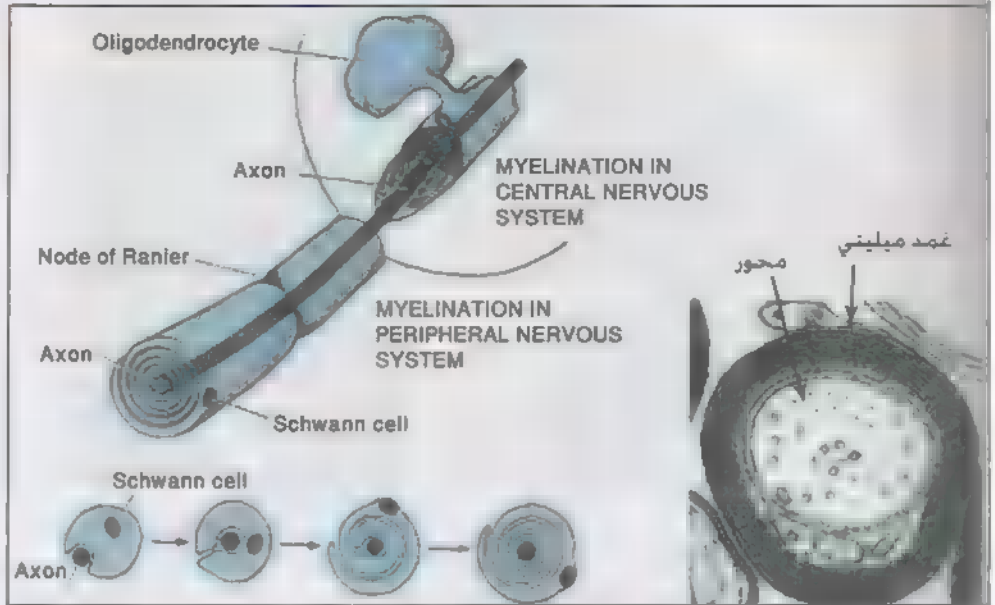
(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لخلايا مبطننة تحيط بقناة مركزية (يمين)، وصورة أخرى تبين أهداباً (أسهم) على أسطح هذه الخلايا (يسار)

4. تركيب الألياف العصبية

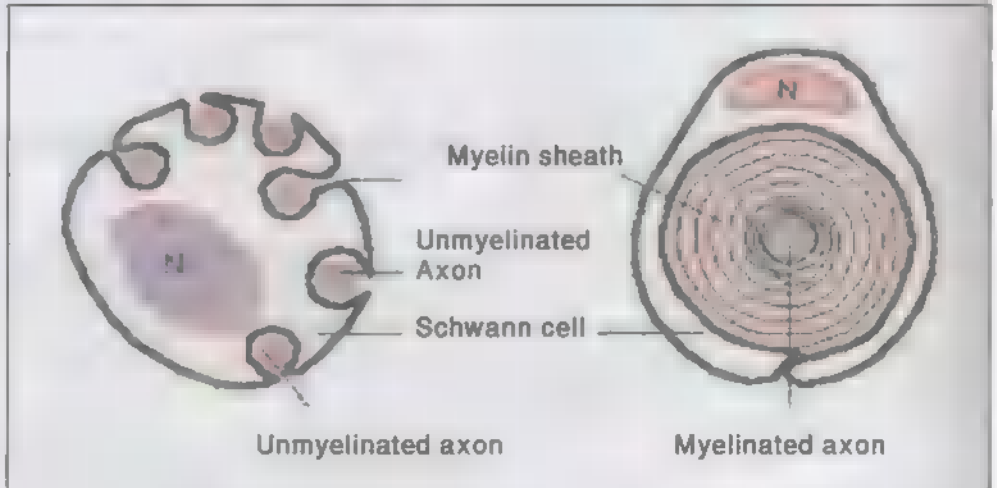
تشكل الألياف العصبية من محاور محاطة بأغلفة مشتقة من الأدمة الخارجية. وتُغطى معظم المحاور العصبية بغلاف من طبقة أو أكثر، وقد يكون مصدره خلية شوان Schwann cell في الألياف العصبية الطرفية أو الخلية قليلة التفرع oligodendrocyte في الألياف العصبية المركزية (شكل 9). وتكون الألياف العصبية صغيرة القطر بدون أغلفة unmyelinated، بينما تكون الألياف الأغلفة مغلقة myelinated بعدة طبقات مترابطة تشكل الغمد النخاعي myelin sheath (شكل 9).

1.4 الألياف المُنخَعة Myelinated Fibers

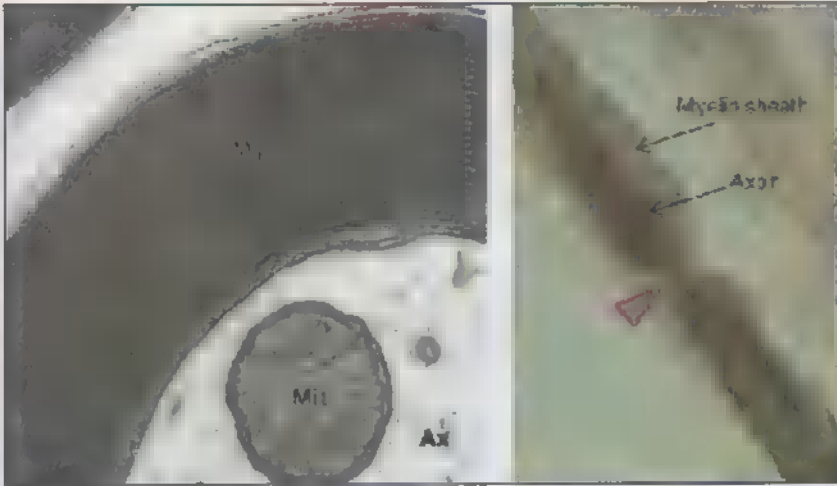
في هذه الألياف يحيط غشاء خلية شوان بمحور الخلية العصبية عدة مرات ليكون عدة طبقات. وتظهر طبيعة هذا الغمد بشكل جيد عند حفظ التحضير المجهرى للليف العصبي بمثبت رابع أكسيد الأزميوم osmium tetroxide الذي يصيب الغمد بلون أسود. وكما يظهر من الشكل (9)، فإن الغمد يتكون من خطوط كثيفة رئيسة major dense lines، مكررة وداكنة، إضافة إلى خطوط بينية أقل دكائنة (شكل 9-11). والغمد النخاعي هو امتداد لبروز من غشاء خلية شوان يلتف حول المحور مرة أو أكثر، وهذا ما يفسر ظهور الخطوط الداكنة والخطوط الفاتحة.



(شكل 9) مصدر القمم الميليني في الجهاز العصبي المركزي وفي الجهاز العصبي الطرفي وفي الاطار (يمين) يظهر مقطع عرضي لغمد ميليني كما يشاهد في المجهر الإلكتروني النافذ.

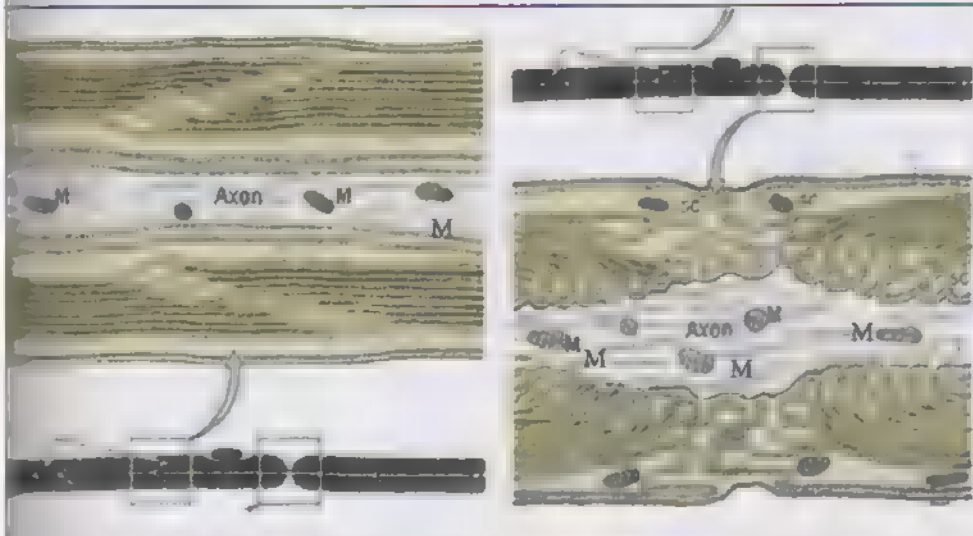


(شكل 10) رسم لمحور يحاط بقمم ميليني مشتق من خلية شفان (يمين)، ورسم لخلية شفان تحيط بعدة محاور بدون غلاف ميليني (يسار)



(شكل 11) صورة بالمجهر الضوئي (يمين) لجزء من غمد ميليني يحيط بمحور. لاحظ عقدة رانفقيه (رأس سهم) وصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ (يسار) تبين جزءاً من غمد ميليني (My) حول محور (Ax) وبداخلة ميتوكوندريا (M) وخيوطات وأنابيبات دقيقة.

يحاط كل ليف (محور) عصبي بمجموعة من خلايا شفان، وتظهر على طول الليف مناطق خالية من الغمد النخاعي، تدعى عقد رانفقيه **nodes of Ranvier** (شكل 11)، تمثل حيزاً بين خلايا شفان متجاورة، وتظهر في عدة مناطق من هذا الغمد شقوق شميديت-لانترمان (شكل 12). وهي تمثل انتفاخات داخل طبقات الغمد (شكل 12).



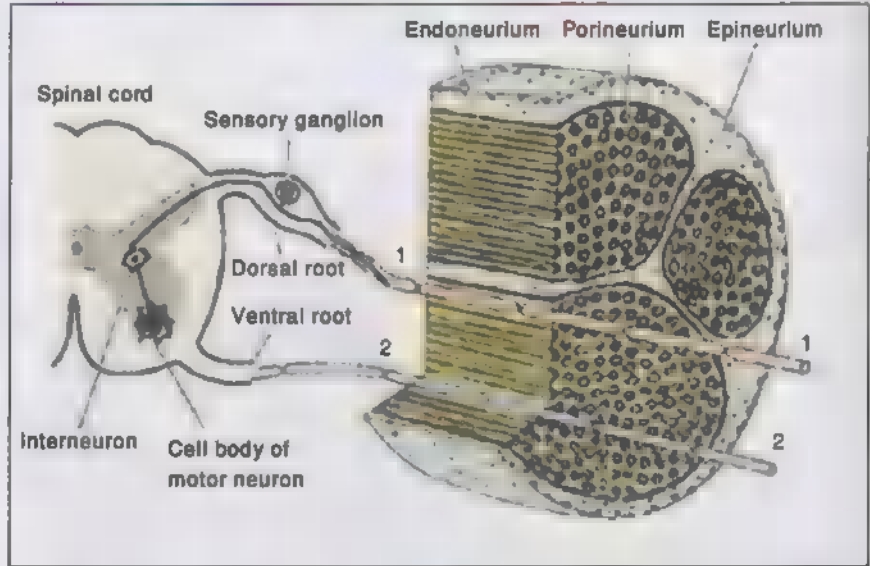
(شكل 12) رسم يبين التركيب الدقيق لعقدة رانفقيه (يمين). لاحظ التداخل بين بروتينات خلايا شفان (SC) (يمين)، ورسم يبين التركيب الدقيق لشق شميديت-لانترمان (يسار) M = ميتوكوندريا.

2.4 الألياف غير المنخعة Unmyelinated Fibers

لا تحاط كل محاور الخلايا العصبية بغمد نخاعي، وفي الجهاز العصبي الطرفي توجد المحاور غير المحاطة بغمد نخاعي داخل انغمادات بسيطة لخلايا شفان، ويمكن أن تحيط خلية شفان واحدة بعدة محاور غير مغمدة (شكل 10).

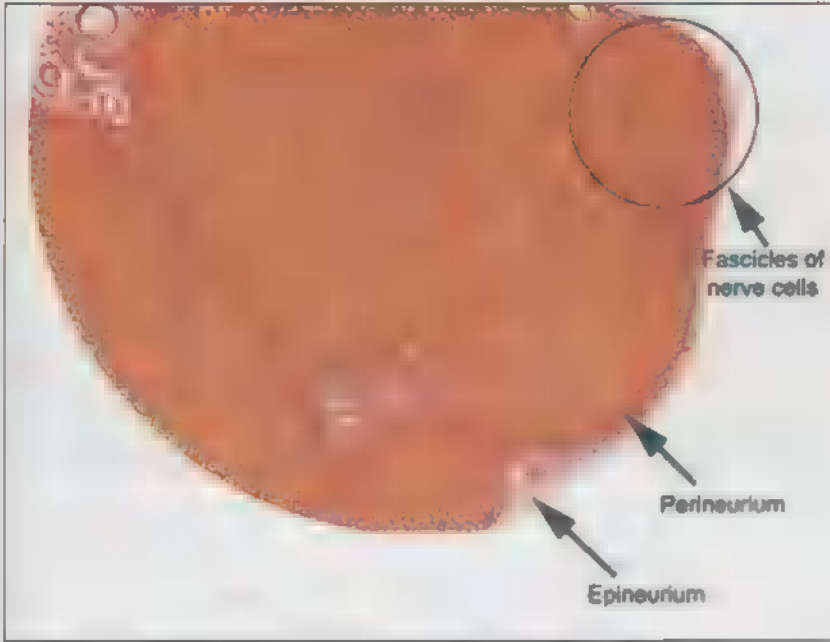
5 الأعصاب Nerves

تتجمع الألياف العصبية في حزم fascicles لتكوّن أعصاباً nerves ييضاء بسبب أغمدتها النخاعية. وتحاط الأعصاب بغلاف يتكون من نسيج ضام كثيف يسمى الغلاف العصبي الخارجي epineurium (شكل 13-15)، ويوجد حول كل حزمة غلاف عصبي حولي perineurim يتألف من طبقات من خلايا شبه طلائية مسطحة، تتصل ببعضها عبر روابط محكمة، وهذا ما يجعل الغلاف الحولي مانعاً لعبور معظم الجزيئات الكبيرة. أما محاور الحزمة العصبية فتغطى بغلاف عصبي داخلي endoneurium يتشكل من طبقة رقيقة من الألياف الشبكية (شكل 13-15).

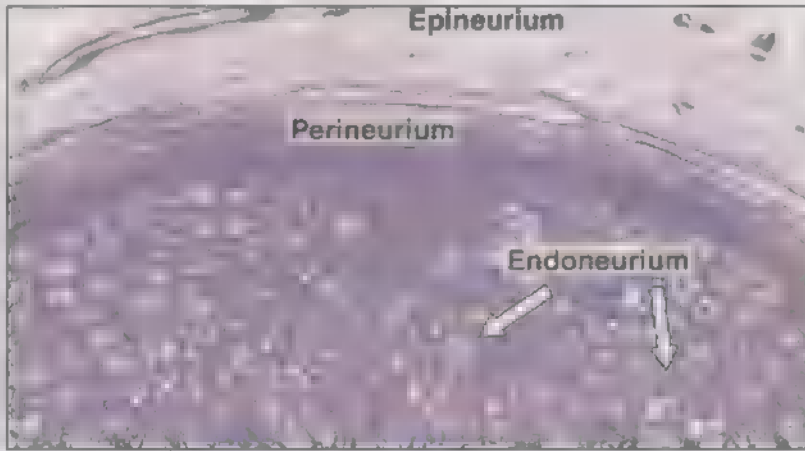


(شكل 13) رسم يبين الأغلفة المحيطة بالمصب وكذلك العلاقة بين الألياف الحسية (1) والألياف الحركية (2) من جهة، وبين الجهاز العصبي المركزي (ممثلاً بالحبل الشوكي) من جهة أخرى

تربط الأعصاب بين الجهاز العصبي المركزي ممثلاً بالدماغ والحبل الشوكي وبين أعضاء الإحساس والأنسجة المستجيبة كالمضلات والغدد. وتحتوي الأعصاب أليافاً واردة afferent fibers تنقل المعلومات من داخل الجسم وخارجه إلى الجهاز العصبي، إضافة إلى ألياف صادرة efferent fibers، تحمل منبهات من الجهاز المركزي إلى الأعضاء المستجيبة.



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية لعصب مكون من عدة حزم. لاحظ الغلاف الخارجي للعصب والغلاف الحولي لكل حزمة



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية لجزء من العصب مكون من حزمتين. لاحظ أنواع الأغلفة الثلاثة

وقد تتكون الأعصاب من ألياف حسية فقط وتسمى الأعصاب الحسية sensory nerves. قد تتألف كلياً من ألياف تحمل معلومات إلى الأعضاء المستجيبة وتدعى الأعصاب المحركة motor nerves. وتتكون معظم الأعصاب من النوع المختلط، أي أنها تتكون من ألياف حسية وأخرى حركية (شكل 13). ولهذا الأعصاب محاور منخمة وأخرى غير منخمة.

6 الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System

يعمل هذا الجهاز على ضبط انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية)، وإفراز بعض الغدد، وكذلك ضبط إيقاع ضربات القلب، وهذا يعني أن الجهاز العصبي الذاتي يعمل على استتباب البيئة الداخلية homeostasis.

من ناحية تركيبية، يتكون الجهاز العصبي الذاتي من شبكة من نظام عصبوني ثنائي، توجد العصبونة الأولى في السلسلة الذاتية autonomic chain داخل الجهاز العصبي المركزي، بشكل محورها تشابكا synapse مع عصبونة متعددة المحاور تقع في عقدة عصبية في الجهاز الذاتي الطرفي. ويطلق على محاور العصبونات الأولى إسم الألياف السابقة للعقد العصبية preganglionic fibers، بينما تدعى محاور العصبونات التالية التي تؤثر في الأنسجة العضلية أو الغدية بـ الألياف اللاحقة للعقد العصبية postganglionic fibers.

يتشكل الجهاز العصبي الذاتي من قسمين يختلفان تشريحياً ووظيفياً، وهما: الجهاز الودي sympathetic system والجهاز نظير الودي parasympathetic system. وسندرس فيما يلي أهم سمات ووظائف هذين الجهازين بإيجاز.

1.6 الجهاز الذاتي الودي Sympathetic System

يشكل هذا الجهاز القسم الصدري القطني thoracolumbar division من الجهاز العصبي الذاتي، ذلك أن نوى nuclei هذا القسم، تقع في الأجزاء الصدرية والقطنية من الحبل الشوكي. وتخرج محاور تلك العصبونات مع الجذور البطنية ventral roots والتفرعات البيضاء white rami للأعصاب الصدرية والقطنية. وتشكل العقد العصبية لهذا القسم سلسلة موازية للعمود الفقاري، إضافة إلى ضفائر plexuses بجوار الأعضاء الحشوية. والناقل العصبي في الألياف اللاحقة للعقد العصبية هو نور إينفرين norepinephrine، الذي ينتج في لب الغدة الكظرية.

أما أهم تأثيرات هذا الجهاز فهي: توسيع بؤبؤ العين، وقصبيات الرئة، وانقاص نشاط الجهاز الهضمي وإفراز اللعاب وزيادة نبضات القلب، وتزويده والدماغ والعضلات بالدم، وارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم، واسترخاء المثانة البولية، وتثبيط الأعضاء الجنسية. وكما يلاحظ من هذه التأثيرات، فإن الجهاز الودي يهيء الجسم للتعامل مع الحالات الطارئة كالمواجهة أو الهرب.

2.6 الجهاز نظير الودي Parasympathetic System

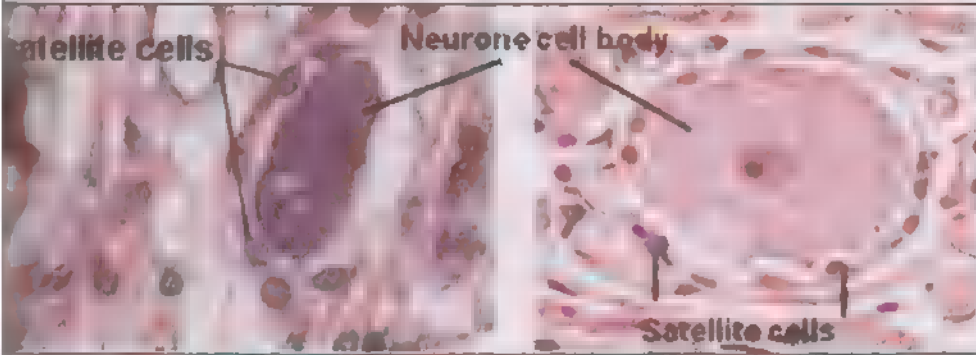
يشكل هذا الجهاز القسم الدماغى العجزي craniosacral division من الجهاز العصبي الذاتي، وتقع تجمعات الأجسام الخلوية لهذا القسم في عنق الدماغ والدماغ الأوسط وكذلك في القسم العجزي من الحبل الشوكي. وتوجد العصبونات الثانية في سلسلة هذا القسم داخل عقد عصبية أصغر من تلك الموجودة في القسم الودي، وعادة ما تقع بجوار أو داخل الأعضاء المستجيبة،

كما في جدر المعدة والأمعاء. وفي الحالة الأخيرة، تدخل الألياف السابقة للعقد العصبية تلك الأعضاء وتكون منطقة تشابك مع العصبونات اللاحقة هناك.

الناقل العصبي الذي يطلق من الألياف السابقة للعقد العصبية ومن الألياف اللاحقة لها هو أستيل كولين **acetylcholine**. ويفقد هذا الناقل فعاليته وذلك عبر تفكيكه من قبل الإنزيم أستيل كولين إستريز **acetylcholine esterase** بعد إطلاقه مباشرة، وهذا هو أحد الأسباب التي تجعل تأثير الجهاز نظير الودي أكثر محدودية من تأثير الجهاز الودي. من تأثيرات هذا الجهاز تضيق البؤبؤ، وحفز إفراز اللعاب، وانقاص نبضات القلب، وتضييق قصبات الرئة، وحفز النشاط الهضمي، وانقباض المثانة البولية، وحفز الأعضاء الجنسية. ونستنتج من هذه التأثيرات بأن الجهاز نظير الودي يساهم في تسيير الأمور الحياتية الطبيعية للجسم بالقدر اللازم من الطاقة.

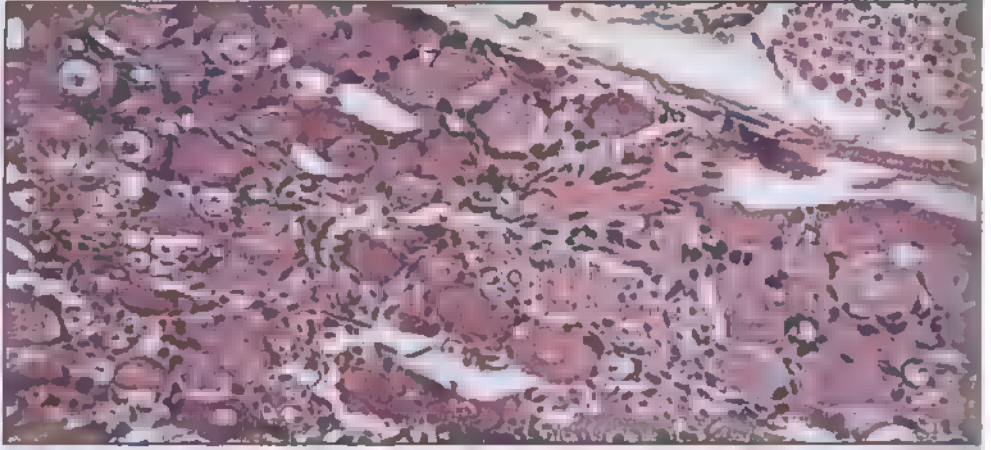
7. العقد العصبية **Ganglia**

هذه تراكيب بيضوية الشكل تتألف من أجسام الخلايا العصبية خارج الجهاز العصبي المركزي، وعادة ما تحاط هذه العقد بكبسولات من النسيج الضام الكثيف وبأعصاب مرتبطة بها وتتصل كبسولة كل عقدة عصبية بنسيج ضام داخل العقدة، وكذلك بالغلاف المحيطي لكل من الأعصاب السابقة واللاحقة للعقد العصبية. وكما نلاحظ من الشكل (16) فإن جسم كل خلية في العقدة العصبية يلف بطبقة من خلايا مكعبة صغيرة تدعى الخلايا التابعة **satellite cells**. إضافة إلى طبقة ليفية دقيقة تسمى الكبسولة **capsule**.

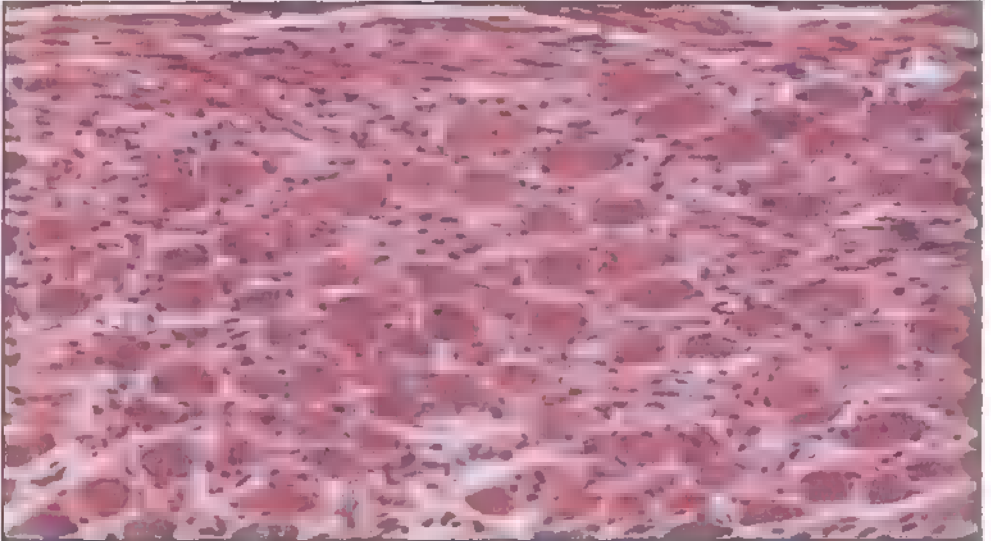


(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية لجسم خلية عصبية في عقدة شوكية معاملة بخلايا تابعة (يمين)، وصورة لجسم خلية عصبية في عقدة ذاتية (يسار)، لاحظ حلقة كاملة من الخلايا المدارية حول الأولى وحلقة غير متكاملة حول الثانية

يمكن تمييز نوعين رئيسيين من العقد العصبية، وذلك اعتماداً على تركيبهما ووظيفتهما، هذين النوعين هما: العقد الدماغية الشوكية **craniospinal ganglia** (شكل 17) والعقد ذاتية **autonomic ganglia** (شكل 18). ويبين الجدول 2 أهم الفروقات بينهما. إضافة إلى نوعي العقد المذكورين أعلاه، توجد عقد داخل جدارية **intramural ganglia** وهي صغيرة جداً وتتكون من عصبونات قليلة، يحيط بجسم كل منها خلايا تابعة قليلة. وتوجد هذه العقد العصبية في جدار الجهاز الهضمي.



(شكل 17) صورة مجهرية ضوئية لجزء من عقدة دماغية شوكية . لاحظ تجمع أجسام الخلايا العصبية في قشرة العقدة



(شكل 18) صورة مجهرية ضوئية لجزء من عقدة ذاتية. لاحظ بعثرة أجسام الخلايا العصبية في قشرة العقدة

جدول (2): الفروقات بين العقد الدماغية الشوكية والعقد الذاتية

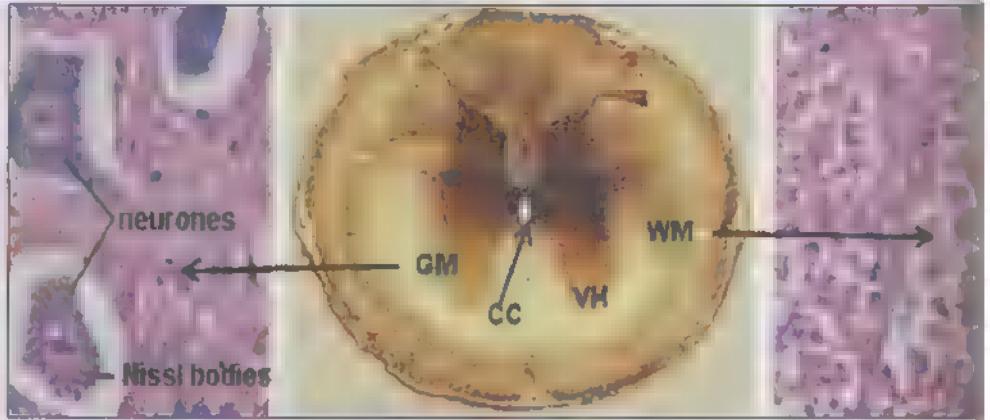
الحاشية	العقدة الدماغية الشوكية	العقدة الذاتية
الموقع	الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية وممرات بعض الأعصاب الدماغية	الأعصاب الذاتية ، وأحياناً في جذر الجهاز الهضمي
الخلايا العصبية	أحادية قطبية كاذبة وثنائية القطبية في عقدة العصب السمعي	متعددة الأقطاب
توزيع أجسام الخلايا العصبية	تسود في قشرة العقدة	تتبعثر داخل العقدة
الخلايا التابعة	تكون حلقة حول جسم الخلية العصبية	تكون غلافاً غير مكتمل حول جسم الخلية العصبية
الوظيفة	نقل منبهات المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي	نقل معلومات من الجهاز المركزي إلى الأعضاء الحشوية

8. الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

ينتظم النسيج العصبي في الجهاز العصبي المركزي في منطقتين، إحداهما بيضاء، والأخرى رمادية. تحتوي المادة البيضاء **white matter** أليافاً منخمة **myelinated** وأخرى غير منخمة **unmyelinated**. إضافة إلى خلايا دبقية مثل الخلايا النجمية الخيطية والخلايا الدبقية الدقيقة والخلايا قليلة التفرع. ويميز اللون الأبيض لهذه المادة إلى كثرة الألياف العصبية المنخمة. أما المادة الرمادية **gray matter** فتحوي كميات وفيرة من الألياف غير المنخمة، إضافة إلى ألياف منخمة وأعداد كبيرة من أجسام العصبونات والخلايا النجمية البروتوبلازمية والخلايا الدبقية الدقيقة والخلايا قليلة التفرع. ونعالج فيما يلي التركيب النسيجي لأبرز مكونات الجهاز العصبي المركزي.

1.8 الحبل الشوكي Spinal Cord

عند دراسة مقطع عرضي للحبل الشوكي، تظهر المادة الرمادية **gray matter** على هيئة حرف H داخل هذا الحبل، بينما تكون المادة البيضاء **white matter** في محيطه (شكل 19). وكما تلاحظ من الشكل المذكور، يوجد في وسط المادة الرمادية قناة مركزية **central canal** تمثل بقايا تجويف الأنبوب العصبي الجنيني، ويبطنها نسيج طلائي بسيط مكون من خلايا بطانية مهدبة **ciliated ependymal cells**. وتتصل هذه القناة بتجاويف الدماغ وتمتلئ بالسائل الدماغي الشوكي.

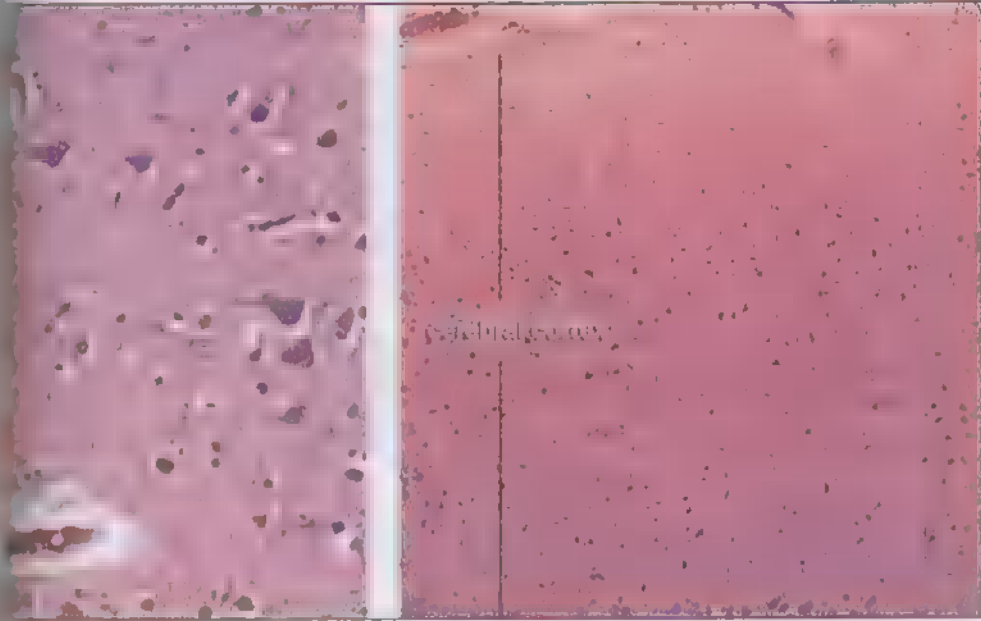


(شكل 19) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في الحبل الشوكي (وسط). لاحظ المنطقة البيضاء WM (يمين)، والرمادية GM (يسار) والقناة المركزية CC والقرنين الظهرين (رأس سهم) والقرنين البطنين VH. لاحظ وفرة الألياف في المنطقة البيضاء وأجسام العصبونات في المنطقة الرمادية

تشمل المادة الرمادية قرنين أماميين (بطنيين) **anterior (ventral) horns** يحتويان على عصبونات المحركة التي تشكل محاورها الجذور البطنية للأعصاب الشوكية، وقرنين خلفيين (ظهريين) **posterior (dorsal) horns**، يستلزمان أليافاً حسية من عصبونات في الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية (شكل 19). تجدر الإشارة إلى أن عصبونات المادة الرمادية هي من النوع متعدد الأقطاب والكبير حجماً، خاصة في القرون الأمامية حيث توجد عصبونات محركة كبيرة. أما المادة البيضاء فتتكون من ألياف عصبية، ولا تحتوي أجساماً خلوية أو زوائد شجرية (شكل 19). وتنقسم المادة البيضاء إلى أعمدة طولية تسمى **funiculi**. لاحظ في هذا الشكل الفاصل الظهرى الوسطى **dorsal median septum** والشق الوسطى السفلى **ventral median fissure** (شكل 19).

2.3 المخ Cerebrum

يتشكل المخ من قشرة تحتوي المادة الرمادية إضافة إلى منطقة مركزية تتكون من المادة البيضاء (شكل 20). وتزداد مساحة قشرة المخ نتيجة وجود عدة تلافيف **gyri**، وهي مرتفعات تفصلها أخاديد **sulci**. ولمعظم خلايا قشرة المخ أشكال هرمية تنظم في سبع طبقات. أما المادة البيضاء فإنها تتكون من حزم من الألياف المنخعة التي تمتد في عدة اتجاهات. وتقوم خلايا قشرة المخ بتنسيق المعلومات الحسية والاستجابات الحركية الإرادية.



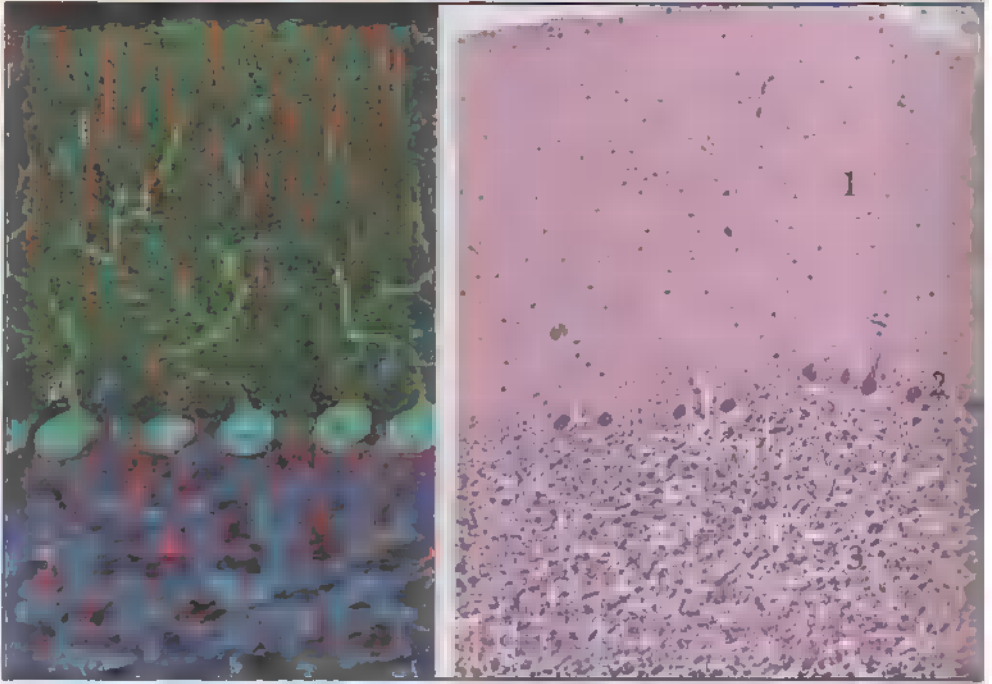
(شكل 20) . صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في قشرة المخ وتظهر فيه طبقات الخلايا الهرمية السبع. (يمين) . وخلايا هرمية مكبرة (يسار)

3.8 المخيخ Cerebellum

يتكون المخيخ من نصفي كرة تفصلهما منطقة تسمى الدودة **vermis**. ولسطح المخيخ عدة أخاديد تقسمه إلى عدة فصيصات، لكل منها قشرة تتشكل من مادة رمادية ولب يتألف من مادة بيضاء. وتحتوي المادة الرمادية ثلاث طبقات، هي (شكل 21):
أ. الطبقة الجزيئية **molecular layer**، وهي خارجية، وتتألف من عدة ألياف عصبية غير منخمة ومن أجسام خلوية قليلة.

ب. الطبقة الوسطى **central layer**، وتتشكل من خلايا بركنجي **Purkinje cells** كبيرة الحجم، ولهذه الخلايا زوائد شجرية تتفرع باستمرار في مستوى واحد لتكون ما يشبه المروحة (شكل 21).

ج. الطبقة الحبيبية **granular layer**، وهي داخلية، وتحتوي أصغر خلايا في جسم الإنسان ولها قطر بحدود $5 \mu m$ ولكل خلية محور و 3-6 زوائد شجرية.



(شكل 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في قشرة المخ تظهر فيها الطبقة
الجزئية إلى الخارج (1)، وطبقة بركنجي في الوسط (2) والطبقة الحبيبية إلى الداخل
(3): (يمين)، ومقطع عرضي يبين الطبقات الثلاث مكبرة (يسار)

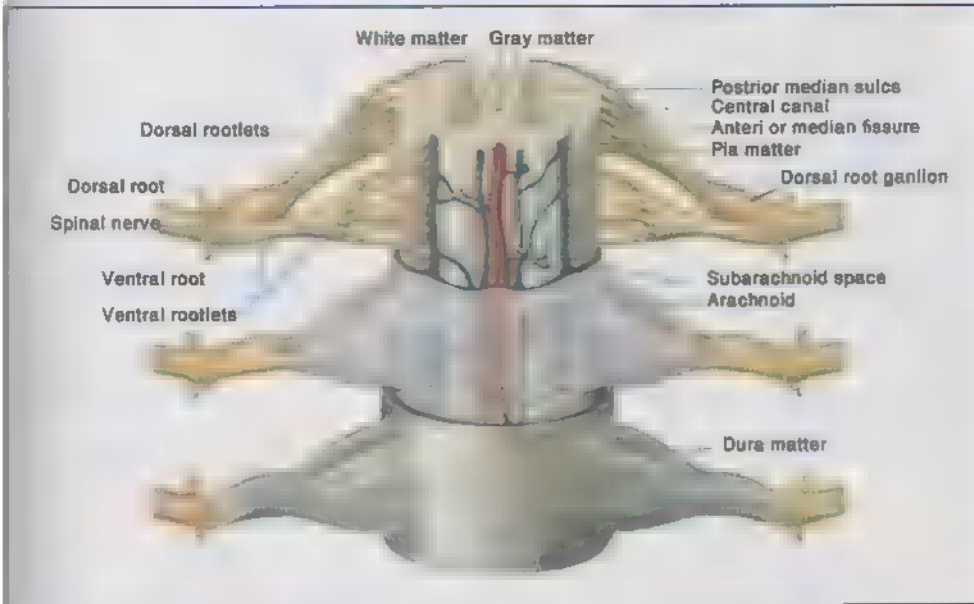
المادة البيضاء للمخ فتتكون من ألياف تتشابك مع خلايا الطبقة الحبيبية، ويصل بعضها للطبقة الوسطى ليتشابك مع خلايا بركنجي.

9. السحايا Meninges

توفر الجمجمة والعمود الفقاري الحماية للدماغ والحبل الشوكي، وتتميز هذه الحماية بوجود ثلاثة أغلفة تدعى السحايا meninges. تتألف هذه الأغلفة من نسيج ضام وهي من الخارج إلى الداخل: الأم الجافية dura mater، والعنكبوتية arachnoid، والأم الحنون pia mater (شكل 22)، وسنعالج فيما يلي التركيب النسيجي لهذه الأغلفة.

1.9 الأم الجافية Dura Mater

يتكون هذا الغلاف من نسيج ضام كثيف غير منتظم يتصل مع المحيط العظمي الداخلي للجمجمة. وفي العمود الفقاري، ينفصل هذا الغلاف عن المحيط العظمي الداخلي للفقرات بهيز فوق الجافية epidural space الذي يحتوي أوردة دقيقة ونسيجاً دهنيًا، إضافة إلى نسيج ضام رخو. وينفصل هذا الغلاف عن الغلاف العنكبوتي، بهيز تحت الجافية subdural space. ويتكون السطح الداخلي للأم الجافية من نسيج طلائي حرسفي بسيط (شكل 22، 23).



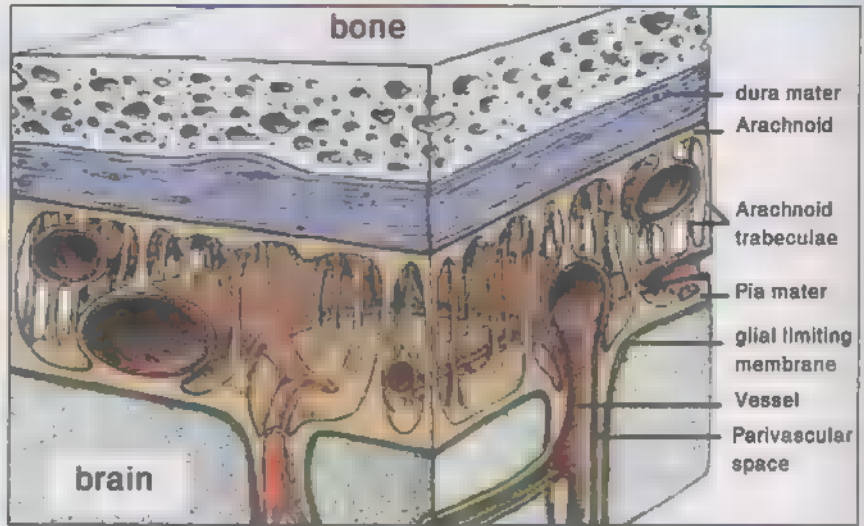
(شكل 22) السحايا المغلفة للجهاز العصبي المركزي

2.9 العنكبوتية Arachnoid

يتشكل هذا الغلاف من طبقة خارجية مرتبطة بالأم الجافية ومن نظام حواجب trabeculae يربط الطبقة العنكبوتية مع الأم الحنون (شكل 23). وتشكل التجاويف بين الحواجب الحيز تحت العنكبوتية subarachnoid space الذي يمتلئ بالسائل الدماغي الشوكي. ويتصل هذا الحيز مع حجرات الدماغ عبر فتحة وسطى وفتحتين جانبيتين. ومن حيث التركيب النسيجي تتكون العنكبوتية من نسيج ضام خالٍ من الأوعية الدموية، ويفطى سطح هذا الغلاف بنسيج طلائي حرشفي بسيط، كما في الأم الجافية.

3.9 الأم الحنون Pia Mater

يتألف هذا الغلاف من نسيج ضام رخوي يحتوي عدة أوعية دموية، ويفطى بنسيج طلائي حرشفي بسيط. ويفصل هذا الغلاف عن النسيج العصبي بطبقة من برورات الخلايا الدبقية. وكما يظهر من (الشكل 23) فإن الأم الحنون تخترق سطح الجهاز العصبي المركزي على هيئة قنوات في عدة مواقع تدخل فيها أوعية دموية، وتسمى تلك القنوات بـ **perivascular spaces**. وقبل أن تتحول نهايات تلك الأوعية إلى شعيرات دموية، تختفي الأم الحنون.



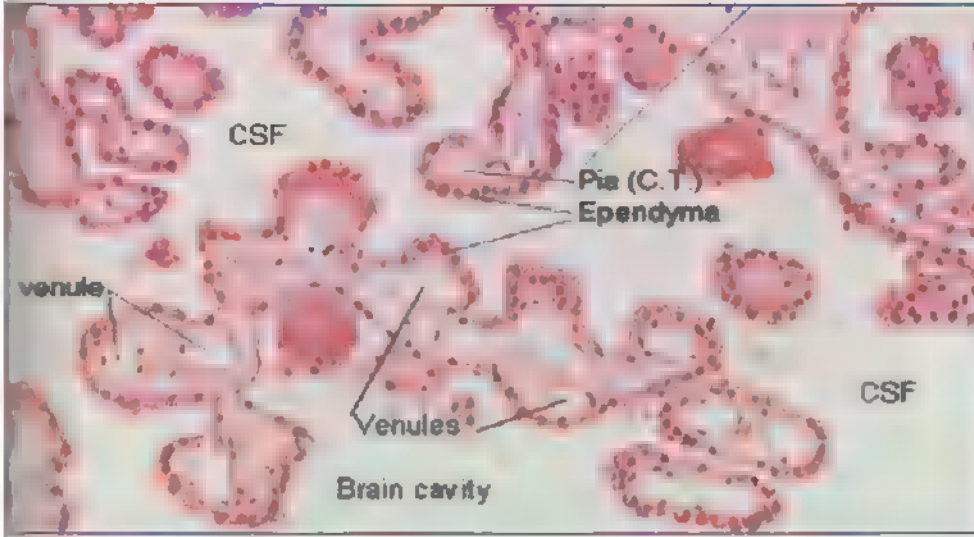
(شكل 23) رسم يحدد ثلاثي السحايا التي تغطي الجهاز العصبي المركزي

10. الحاجز الدموي الدماغي Blood-Brain Barrier

يتشكل هذا الحاجز من الروابط المحكمة بين الخلايا البطانية الحشوية لشعيرات النسيج العصبي، كما أن بروزات الخلايا البطانية، وخاصة النجمية فيها، التي تحيط بالشعيرات الدموية تشكل جزءاً إضافياً لهذا الحاجز. ويعتقد أن تلك البروزات دور هام في تخفيف نفاذية الشعيرات التي أشرنا إليها. علاوة على ذلك، فإن خلايا أغشية الخلايا البطانية للشعيرات من الفتحات الصغيرة، وقلة عدد حوصلات الشرب الخلوي فيها يساهمان في زيادة فعالية الحاجز المذكور. من ناحية وظيفية، فإن الحاجز الدموي الدماغي يمنع مرور بعض المواد، وخاصة السامة منها، من الدم إلى النسيج العصبي، وهذا ما يساعد على حمايته واستتباب بيئته الكيميائية الداخلية.

11. الصفيحة المشيمية Choroid Plexus

توجد في جدار الدماغ أربع مناطق تظل فيها الأنسجة بعالة جنينية ولا تتمايز إلى أنسجة عصبية، وهذه المناطق هي: سقف الحجرتين الثالثة والرابعة، وجزء من جدار الحجرتين الجانبيتين (حجرتا نصفي كرة المخ). وفي هذه المناطق تكون الأم الحنون غنية بالأوعية الدموية، وتشكل شرايينها الصغيرة وشعيراتها كبيبات glomeruli تنغمد في أسقف الحجرات المذكورة، ويطلق على هذه الانغمادات اسم الصفيحة المشيمية choroids plexus (شكل 24)، وهي ذات أهمية كبيرة في التحكم بالسائل الدماغي الشوكي الذي سنتحدث عنه لاحقاً. وتتكون الصفيحة المشيمية من نسيج ضام رخو مغطى بنسيج طلائي مكعب بسيط متصل بالطبقة البطانية ependyma في بقية جدار الدماغ (شكل 24). وللخلايا البطانية المذكورة خملات دقيقة وفيرة. أما سيتوبلازمها فيحتوي عدة ميتوكوندريا.



(شكل 24) صورة مجهرية ضوئية لقطع في الصفيحة المشيمية. لاحظ تفرعاتها التي تأخذ شكل خملات غنية بالأوعية الدموية

12. السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal Fluid

يحتوي الجهاز العصبي المركزي داخل تجاويفه السائل الدماغي الشوكي الذي يملأ أيضاً الحيز تحت الغلاف العنكبوتي. ويعمل هذا السائل كعازل للصدمات، ولذلك فهو يحمي الجهاز العصبي المركزي من الارتجاجات والكدمات التي يتعرض لها. كذلك، فإن لهذا السائل دوراً مهماً في عمليات أيض الجهاز العصبي المركزي.

يبلغ حجم السائل الدماغي الشوكي في نصف كرة المخ والحيز تحت العنكبوتية حوالي 150 مل. وهذا السائل رائق وقليل اللزوجة، وبروتيناته ضئيلة جداً، ويحتوي كميات قليلة من الأملاح غير المعدنية والسكريات، إضافة إلى أعداد ضئيلة من الخلايا اللمفاوية. ويشبه هذا السائل بلازما الدم في تركيبه الأيوني، أي أن تركيز أيونات الصوديوم فيه عال، بينما يكون تركيز أيونات البوتاسيوم منخفضاً.

من حيث المنشأ، ينتج السائل الدماغي الشوكي من خلال الترشيح الدقيق والانتشار من الأوعية الدموية المغذية للصفيرة المشيمية والأم الحنون والدماغ نفسه. ويتراوح حجم السائل المنتج يومياً حوالي 600-700 مل. ويتجدد هذا السائل باستمرار، وينتشر خلال حجرات الدماغ والحيز تحت الغلاف العنكبوتي، وإذا ما حدث أي نقصان في امتصاص السائل الدماغي الشوكي، أو منع تدفقه من حجرات الدماغ تنشأ حالة تسمى موه الرأس hydrocephaly التي تؤدي إلى تضخم الدماغ والرأس أثناء التكوين الجنيني.

الفصل الثامن

8

الجهاز الدوري

Circulatory System

159.....3. القلب

162.....4. الجهاز الدوري المغاوي

147.....1. تركيب الأوعية الدموية

149.....2. أنواع الأوعية الدموية

8

يتكون الجهاز الدوري من الدم والأوعية الدموية والقلب والأوعية اللمفاوية. وقد عالجنا سابقاً موضوع الدم كنوع من الأنسجة الضامة الخاصة. وتكون الأوعية الدموية إما شرايين أو أوردة أو شعيرات، وتقوم الشرايين بنقل الدم من القلب إلى الأنسجة بينما تعيده الأوردة إلى القلب، وتشكل الشعيرات شبكة من أنابيب دقيقة تربط بين الشرايين والأوردة، وتعمل كمواقع يتم عبرها تبادل المواد بين الدم والأنسجة. أما الأوعية اللمفاوية فتتكون من شعيرات تتشابه وتلتحم لتكون أوعية تزايد في قطرها لتصب في أوردة كبيرة قريبة من القلب.

سندرس في هذا الفصل المكونات النسيجية لجدر الأوعية الدموية، ثم نتنقل لمعالجة التركيب النسيجي للأوعية الدموية والقلب، وسننهي الفصل بدراسة الأوعية اللمفاوية.

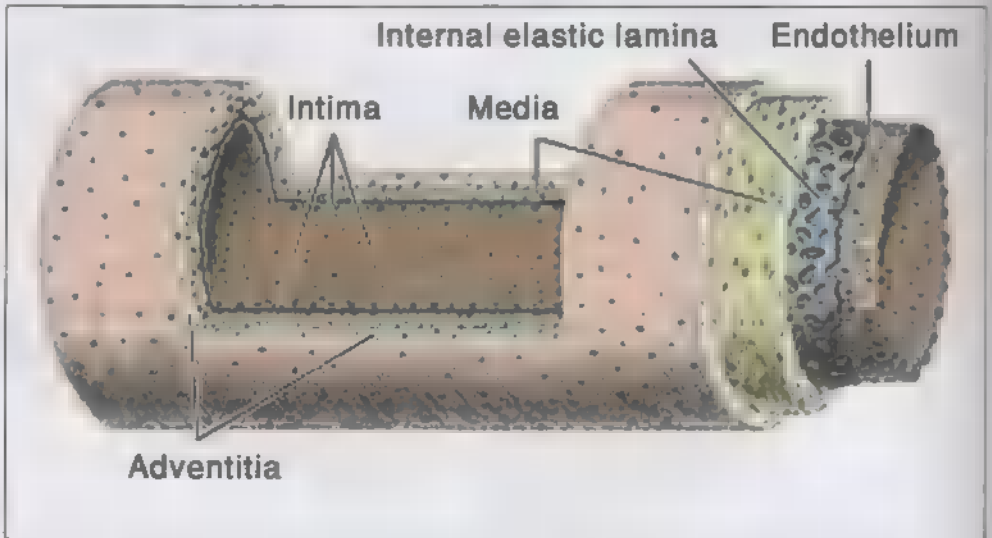
تركيب الأوعية الدموية

تشارك الأوعية الدموية، باستثناء الشعيرات، بوجود ثلاث طبقات في جدرانها، ونستعرض فيما يلي هذه المكونات (شكل 1).

1.1 الطبقات Tunics

1.1.1 الطبقة الداخلية Tunica Intima

تتألف هذه الطبقة من صف واحد من الخلايا البطانية endothelial cells وهي خلايا طلائية حرشفية، ترتكز على صفيحة قاعدية. ويقع تحت هذه الصفيحة طبقة تحت بطانية subendothelial تتكون من نسيج ضام طري قد يحتوي خلايا عضلية ملساء (شكل 1).



(شكل 1) رسم يبين طبقات جدار وعاء دموي، كما في شريان عضلي

2.1.1 الطبقة الوسطى Tunica Media

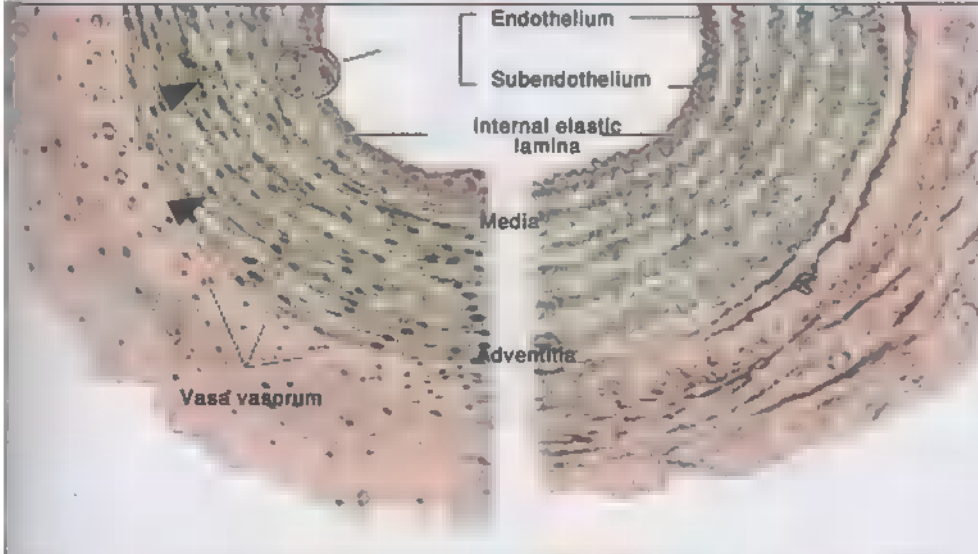
تشكل هذه المنطقة من طبقات متراكزة من خلايا عضلية ملساء تتداخل بينها ألياف شبكية ومرونة وكربوهيدرات بروتينية. وفي الشرايين متوسطة القطر تتفصل هذه المنطقة عن الطبقة الداخلية بـ صفيحة داخلية مرنة internal elastic lamina متقبة (شكل 1) تسمح بمرور المواد المغذية لجدار الوعاء الدموي. وفي الشرايين الكبيرة توجد صفيحة خارجية مرنة external elastic lamina تفصل الطبقة الوسطى عن الطبقة الخارجية. وفي الشعيرات، والوريدات تختصر الطبقة الوسطى إلى خلايا محيطية pericytes، وهذا ما سنشير إليه لاحقاً.

3.1.1 الطبقة الخارجية Tunica Adventitia

تتكون هذه الطبقة من ألياف كولاجين تنتظم طولياً في محيط الوعاء الدموي، وتتصل هذه الطبقة تدريجياً بالنسيج الضام المغلف للعضو الذي يمر فيه ذلك الوعاء (شكل 1). ويغطي هذه المنطقة من الخارج نسيج طلائي حرشقي بسيط.

2.1 أوعية الأوعية Vasa Vasorum

تتزود جدر الأوعية الدموية الكبيرة بأوعية خاصة بها، توجد في طبقتها الخارجية (شكل 2). وتعمل هذه الأوعية على إيصال مواد الأيض اللازمة للمنطقتين المذكورتين. وبسبب قلة الأكسجين والمواد المغذية في دم الأوردة، فإن جدرها تحتوي أوعية دموية أكثر من الشرايين. وكذلك توجد شعيرات لمفاوية lymphatic capillaries في الطبقة الوسطى من جدر الأوردة وفي الطبقة الخارجية من الشرايين.



(شكل 2) رسم يبين مقطعاً عرضياً في جدار شريان عضلي. لاحظ الألياف المرنة في الجزء الأيمن من الشكل. والألياف العضلية (ورؤوس أسهم) أوعية الأوعية في الجزء الأيسر منه

3.1 Innervation الأعصاب

تزود معظم الأوعية الدموية التي تحتوي خلايا عضلية ملساء في جدرانها بشبكة وافرة من الألياف غير المتخمة **unmyelinated**. وتوجد هذه الألياف، التي تطلق نور إينغرين **norepinephrine** القابض للأوعية الدموية، في الطبقة الخارجية للشرايين، مما يستوجب انتشار الناقل العصبي لعدة ميكرومترات كي يؤثر في الخلايا العضلية للطبقة الوسطى. أما في الأوردة، فتوجد النهايات العصبية في الطبقتين الخارجية والوسطى، غير أن درجة الإعصاب في الأوردة أقل منها في الشرايين.

تجدر الإشارة إلى أن بعض الشرايين، مثل الجيب السباتي **carotid sinus** والقوقس الأبهري **aortic arch** تحتوي مستقبلات ضغط **baroreceptors**، وهي نهايات أعصاب واردة (حسية). كذلك توجد مستقبلات كيميائية **chemoreceptors** في جدران الأجسام السباتية والأبهريّة **carotid and aortic bodies**.

2. أنواع الأوعية الدموية

بالنظر لبساطة تركيب الشعيرات الدموية، فإننا سنبدأ موضوعنا بدراسة تركيبها، وبعدها سننتقل لمعالجة تركيب الشرايين والأوردة.

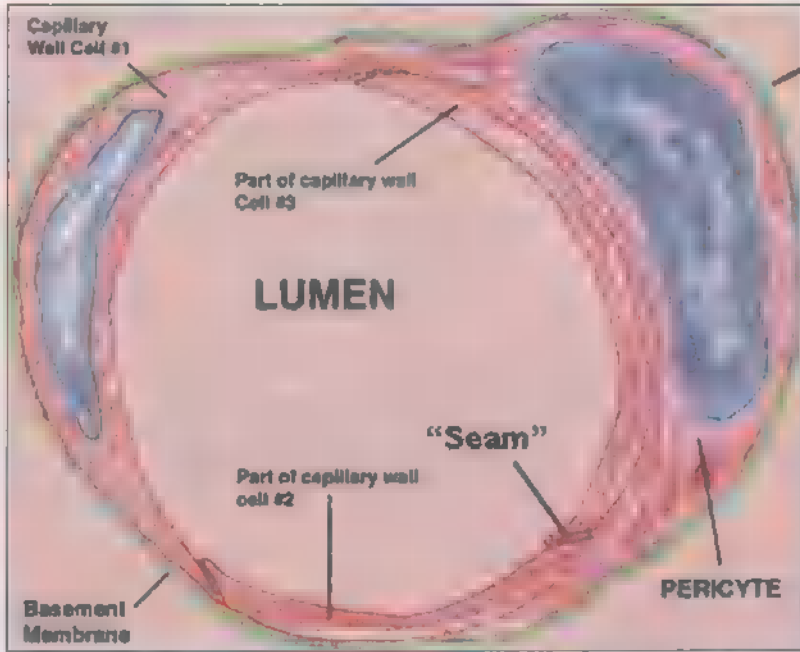
1.2 الشعيرات Capillaries

1.1.2 صفات الشعيرات

أ. تتكون من طبقة واحدة من خلايا بطانية، وفي مقطع عرضي يتبين أن جدار الشعيرات يتكون من عدد قليل من هذه الخلايا يتراوح بين 1 و3 (شكل 3). كذلك، يلاحظ أن هذه الخلايا تركز على صفيحة قاعدية.

ب. تأخذ الخلايا في مقطع عرضي شكلاً شبه هلالى مستدب عند طرفيه، ومنتفخ في الوسط بسبب وجود النوى (شكل 3). وتتصل هذه الخلايا بروابط محكمة وأخرى فجوية. ويحتوي سيتوبلازمها أعداداً قليلة من الميتوكوندريا وحوصلات شبكة إندوبلازمية خشنة، وجسم جولجي صغير.

ج. تحاط جدرانها جزئياً بـ خلايا محيطية **pericytes** (شكل 3)، تحتوي أكتين وميوسين وتروبوميوسين. ويمرّز وجود هذه الجزيئات الاعتقاد بأن للخلايا المحيطية قدرة انقباضية. وتشكل الخلايا المحيطية الطبقة الوسطى من جدران الشعيرات.



(شكل 3) رسم يبين تركيب شعيرة دم. لاحظ الصفيحة القاعدية والخلية المحيطة

د. تلتف جدرانها بطبقة رقيقة من ألياف كولاجينية تعتبر رديفاً للطبقة الخارجية في الأوعية الدموية الكبيرة (شكل 4).

هـ. يتراوح قطرها بين 7 و 9 μm ، أما طول الواحدة منها فلا يتجاوز 50 μm . ويقدر الطول الكلي لشعيرات جسم الإنسان بحوالي 90.000 كلم.

و. تتفرع كثيراً، وتتصل بشبكة من الشريينات والوريدات، وكما نلاحظ من الشكل 5، فإن الشريينات

تتفرع إلى أوعية تدعى ما بعد الشريينات *metarterioles* التي تحاط بطبقة غير متواصلة

من العضلات الملساء. وتتفرع الأوعية الأخيرة إلى شعيرات لها مساحة سطحية كبيرة تسهل

تبادل المواد بين الأنسجة والدم. وتوجد حلقة من خلايا عضلية ملساء قبل الشعيرات تشكل ما

يسمى العاصرة قبل الشعيرات *precapillary sphincter* (شكل 5)، وتساهم هذه الحلقات

في ضبط دوران الدم في الشعيرات، الأمر الذي تتحكم فيه أيضاً عوامل عصبية وهرمونية.

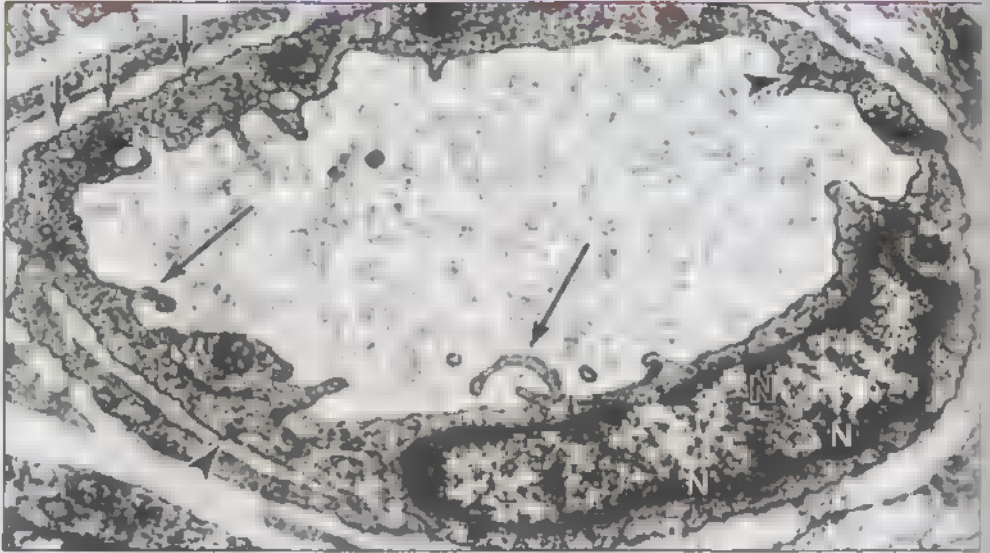
تجدر الإشارة إلى أن وفرة شبكة الشعيرات في أنسجة الجسم تعتمد على النشاط الأيضي

للك أنسجة. فالأنسجة ذات النشاط الأيضي المرتفع، كما في الكلية والكبد والعضلات الهيكلية

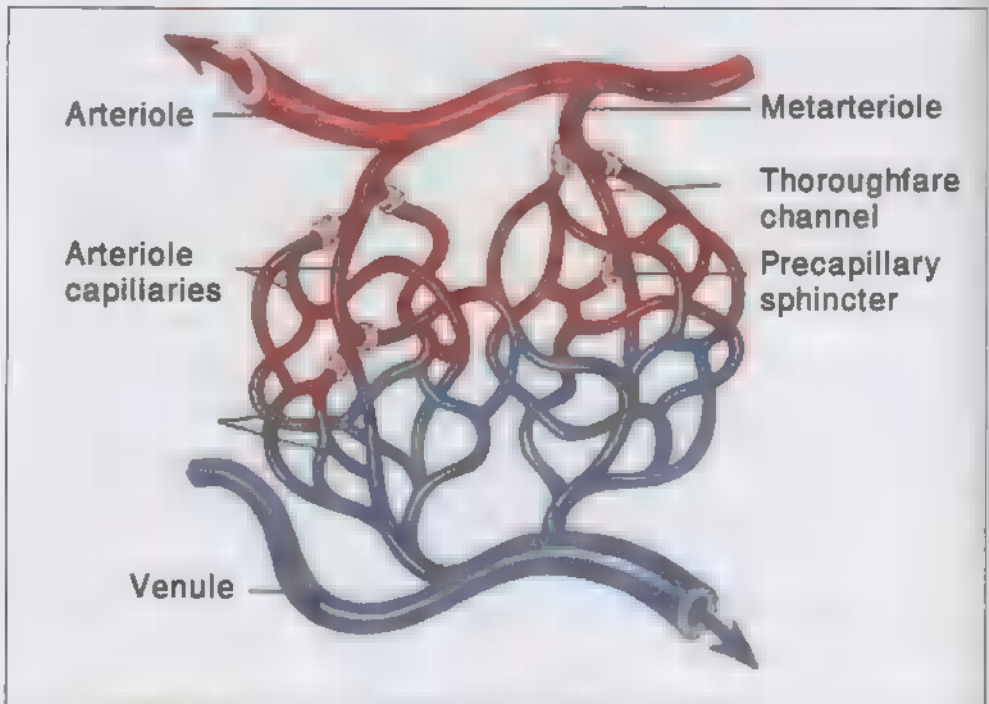
والقلبية، لها شبكة شعيرات دموية غنية. وبالمقابل، فإن للأنسجة ذات النشاط الأيضي المنخفض

شبكة شعيرات فقيرة، كما نلاحظ في النسيج العضلي الملس، والنسيج الضام الكثيف.

8



(شكل 4) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لمقطع عرضي في شعيرة متواصلة. لاحظ النواة (N) وروابطا محكما (رأس سهم) وحوصلات شرب خلوي (أسهم صغيرة). وزوائد سيتوبلازمية (أسهم طويلة) تشير إلى عملية بلعمة



(شكل 5) رسم يبين علاقة الشعيرات مع الشرايين الدقيقة (بعد الشريينات) والأوردة الدقيقة (الوريدات)

2.1.2 وظائف الشعيرات

من استعراضنا لصفات الشعيرات، يتبين أن جدرها الرقيقة وأقطارها الضيقة وبطء الدم فيها (0.3 ملم في الثانية مقابل سرعة 320 ملم في الثانية في الأهر) تجعل هذه الأماكن ممتازة لتبادل الماء والمواد المذابة والجزيئات المختلفة والغازات بين الدم والأنسجة بـ عالية. ويعتقد أن وجود ثقب صغير، يتراوح قطرها بين 9 و 11 nm وأخرى كبيرة بقطر 50 و 70 nm، إضافة إلى حوصلات شرب خلوي وشقوق في أغشية الخلايا البطانية للشعير يساهم في هذا التبادل.

تجدر الإشارة في هذا المقام إلى أن شعيرات الدماغ تختلف عن بقية شعيرات الجسم بافتة إلى ثقب وباحتوائها حوصلات شرب خلوي قليلة وروابط محكمة كثيرة. وبهذه الصفات الشعيرات كي تكون جزءاً أساسياً من الحاجز الدماغي الدموي blood-brain barrier الذي دخول جزيئات كبيرة من الدم إلى النسيج العصبي الدماغي، وبالتالي يحمي هذا النسب دخول مواد كيميائية قد تكون سامة.

وتقوم الشعيرات بعدة وظائف أيضاً من أهمها:

- أ. تنشيط بعض المواد، مثل تحويل الموتر الوعائي angiotensin I إلى الموتر الوعائي angiotensin II، الذي يؤدي إلى تضيق الأوعية الدموية.
- ب. تثبيط بعض المركبات، مثل بروتاجلاندين prostaglandin وسيروتونين serotonin و thrombin ونورابينفرين norepinephrine وتحويلها إلى مركبات غير فعالة.
- ج. تفكيك المركبات الدهنية البروتينية إلى جليسرأيدات ثلاثية، تستعمل كمصدر ه والى كولسترول الذي يدخل في تركيب أغشية الخلايا والذي تصنع منه بعض الهرم الستيرويدية.

3.1.2 أنواع الشعيرات

اعتماداً على تركيب الخلايا البطانية ووجود أو عدم وجود طبقة قاعدية، يمكن تقسيم الشعيرات إلى ثلاثة أنواع. هي: المتواصلة والمنقبذة والجيبية. وفيما يلي نعالج هذه الأنواع:

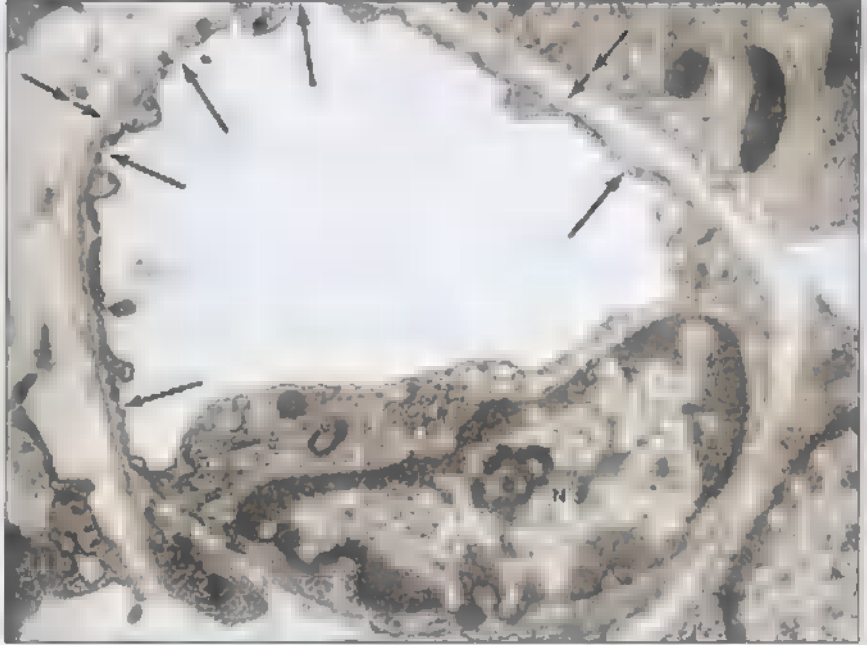
أ. الشعيرات المتواصلة Continuous Capillaries:

تتصف هذه الشعيرات، التي تسمى أيضاً بدتية somatic بالسماوات التالية:

- إنعدام الثقب في جدرها (شكل 4).
- وجود عدة حوصلات شرب خلوي، وخاصة في شعيرات النسيج العضلي، وتساهم الحوصلات في نقل الجزيئات الكبيرة في الاتجاهين عبر الخلايا البطانية. ويوجد هذا في الأنسجة العضلية والضمامة والعصبية والغدد القنوية.

ب. الشعيرات المثقبة **Fenestrated Capillaries**:

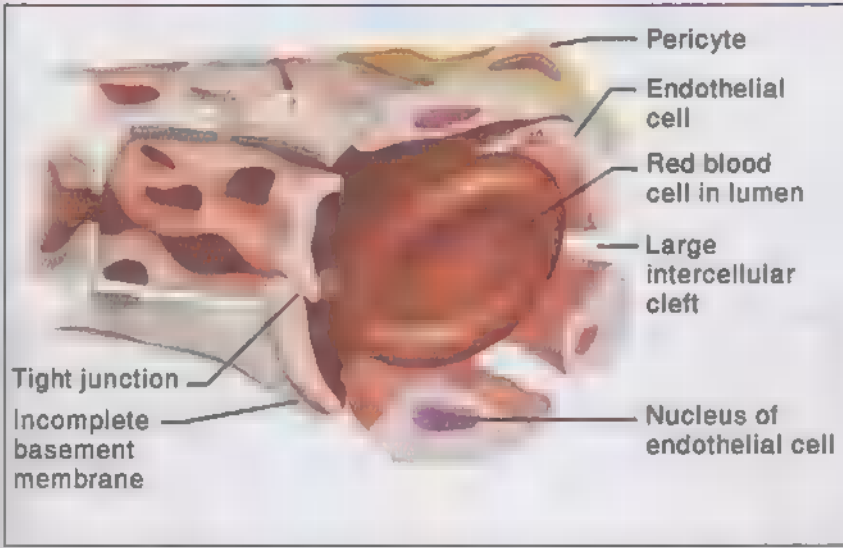
- وتدعى أيضاً الشعيرات الحشوية **visceral**، ومن أبرز سماتها: وجود ثقب كبير في جدر الخلايا البطانية (شكل 8)، ويتراوح قطر هذه الثقوب بين 60 و 80 μm وترتكز الخلايا الطلائية على طبقة قاعدية متواصلة.
- توجد في الأنسجة التي تحتاج إلى تبادل سريع للمواد مع الدم، كما في الكلية والأمعاء والغدد الصماء.



(شكل 6) صورة مجهرية إلكترونية في مقطع عرضي لشعيرة مثقبة. تشير الأسهم إلى حجب عند الثغور. وتظهر الأسهم الشائبة إلى محيط خارجي متواصل. N = نواة

ج. الشعيرات الجيبية **Sinusoidal Capillaries**:

- توجد هذه الشعيرات في الكبد وفي العظم والطحال، ومن أبرز صفاتها:
 - لها مسار متعرج وطبقتها القاعدية غير متواصلة.
 - يتراوح قطرها بين 30 و 40 μm مما يؤدي إلى إبطاء دوران الدم.
 - لخلاياها عدة ثغوب تفتقد إلى حجب (شكل 7).



(شكل 7) رسم بيعد ثلاثي لشعيرة جيبية يظهر عدم اكتمال صفيحتها القاعدية

قبل نهاية حديثنا عن الشعيرات الدموية نشير إلى أن الاتصال بين الشرايين والأوردة الدقيقة يكون مباشراً دون الحاجة إلى شعيرات، ويكون ذلك عبر الالتحام شرياني وريدي-arteriovenous anastomosis، كما في المناطق المكشوفة من جلد الإنسان، مثل الأنف والشفة والكفين والأصابع. وتتغير أقطار تجاويف الالتحام المذكور بتغير الحالة الفسيولوجية للعضو المعني كما تساهم هذه التغيرات في ضبط تدفق وضغط الدم ودرجة الحرارة في مناطق محدودة من الجسم. وتكثر في جدر أوعية هذا الالتحام خلايا عضلية ملساء ونهايات عصبية للجهازين الودي ونظير الودي.

2.2 الشرايين Arteries

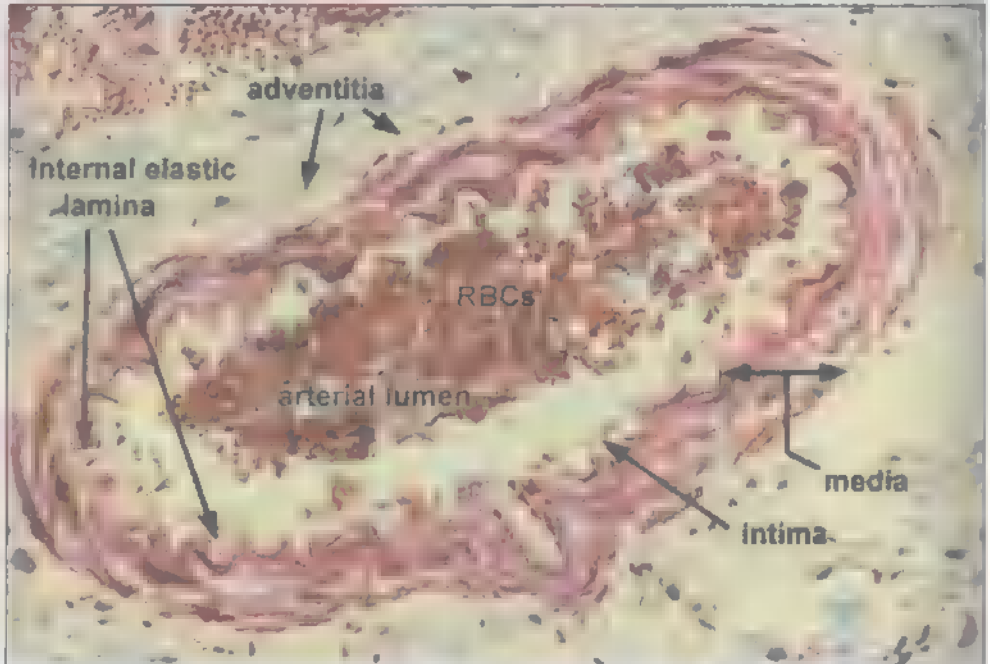
تقل هذه الأوعية الدم من القلب إلى أنسجة الجسم، وهي تصنف حسب حجمها إلى شرايين arterioles، وشرايين عضلية muscular arteries ذات قطر متوسط أو كبير، وشرايين مرنة elastic arteries. وبشكل عام، يمكننا القول إن جدر الشرايين أغلظ من جدر الأوردة ذات القطر المشابه.

تجدر الإشارة إلى أن التركيب النسيجي لجدر الشرايين، كما مبين في الجدول 1، يتغير بتقدم السن أو لأسباب مرضية أو خلقية. ومن التغيرات المعروفة في جدر الشريان ضعف الطبقة الوسطى نتيجة قصور في تكوين ألياف كولاجين نوع III، مما يؤدي إلى تمدد جدران الشريان المتأثر ثم فتقه. كذلك، قد تتغلظ الطبقة الداخلية، أو تترسب جزيئات كولسترول في العضلات الملساء، أو تتكون صفائح دهنية في تجويف الجدار، ونتيجة لذلك يحدث تصلب الشرايين atherosclerosis.

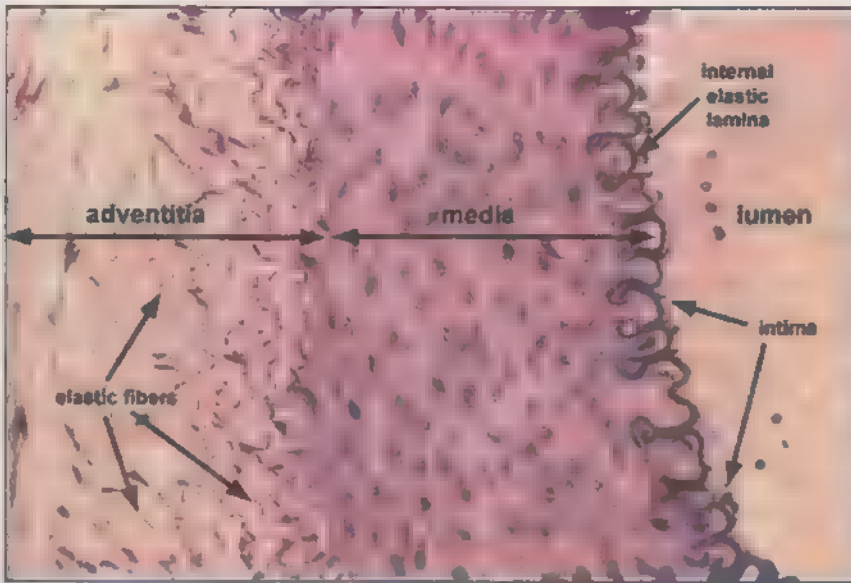
تتمثل المقارنة بين هذه الأنواع من الشرايين بـنـين مـكوـنات جـدرها في الجدول (1).

جدول (1): مقارنة التركيب النسيجي لجدر الشرايين بأنواعها

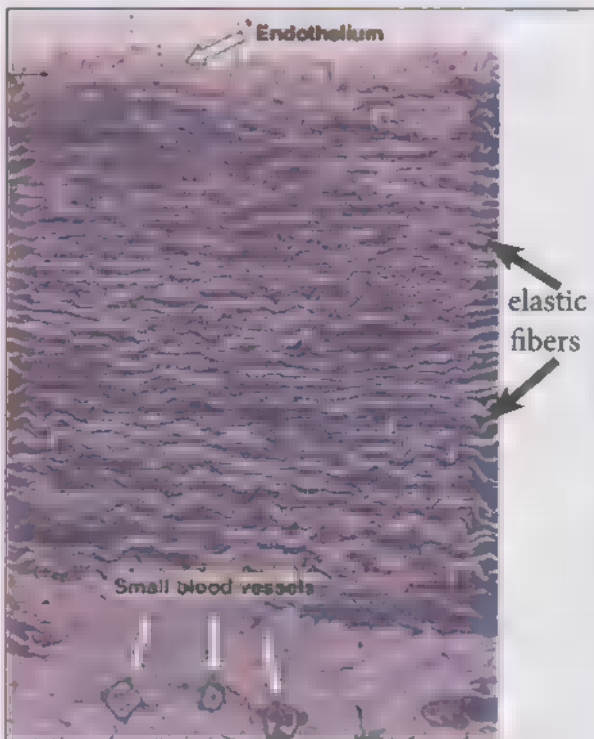
نوع الشريان	الطبقة الداخلية	الطبقة الوسطى	الطبقة الخارجية
شريان arteriole (شكل 8)	تتكون من خلايا بطانية وطبقة تحت بطانية رقيق	تتكون من 2-3 طبقات من خلايا عضلية ملساء	رقيقة وتحتوي ألياف كولاجين وألياف مرنة وخلايا ليفية قليلة
شرايين عضلية muscular arteries والأوعية (شكل 9)	تتألف من خلايا بطانية وطبقة تحت بطانية رقيقة وبعض الألياف العضلية الملساء. إضافة إلى صفيحة داخلية مرنة	تشكل من 30-40 طبقة من عضلات ملساء. تتداخل بينها ألياف مرنة وشبكية	تحتوي الألياف كولاجينية ومرنة، وخلايا ليفية ودهنية وأوعية لمفاوية ودموية وأعصاب
شرايين كبيرة مرنة Large arteries مثل الأبهر وتفرعاته (شكل 10)	الطبقتان البطانية ونحت البطانية غليظتان نسبياً، وتنظم ألياف الطبقة تحت البطانية طولياً	تتألف من 40-60 طبقة من ألياف مرنة، بينها خلايا عضلية ملساء وألياف شبكية	تتكون من ألياف مرنة وكولاجينية وليس لها صفيحة مرنة خارجية



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لشريان



(شكل 9) صورة مجهرية ضوئية لشريان عضلي



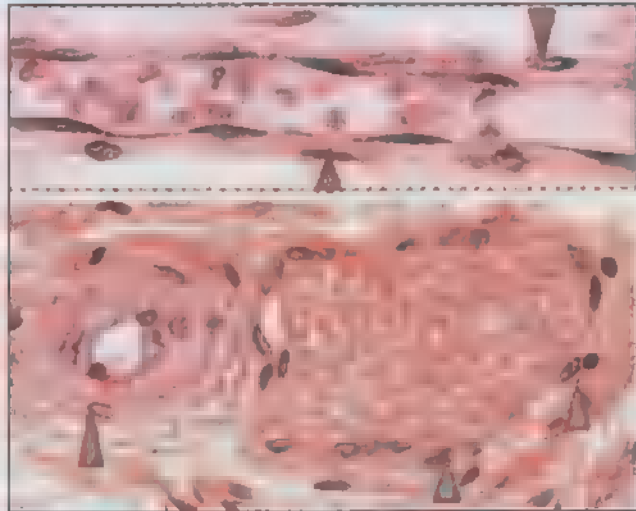
(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لشريان كبير (الأبهر). لاحظ وفرة

الأتلياف المرنة في الطبقة الوسطى وأوعية الأوعية في الطبقة الخارجية

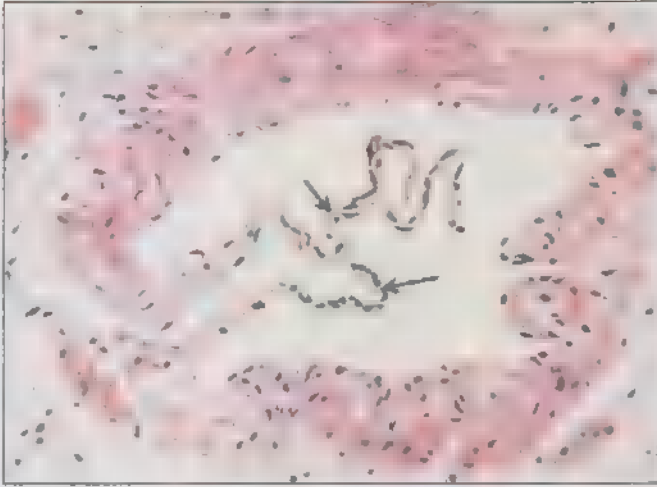
تقوم هذه الأوعية بإعادة الدم إلى القلب، وذلك بمساهمة من صمامات في جدرانها، وانقباض عضلات الهيكلية حولها، وتصنف الأوردة إلى ثلاث مجموعات، وهي: الوريدات venules، والأوردة الصغيرة - المتوسطة small-medium sized veins والأوردة الكبيرة large veins كما يبين في الجدول 2.

جدول (2): مقارنة التركيب النسيجي لجدر الأوردة بأنواعها

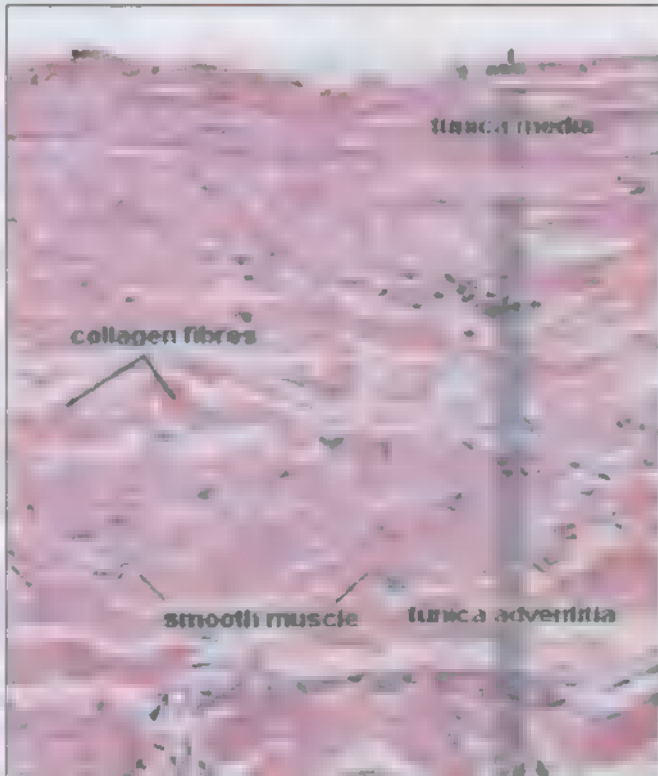
نوع الوري	الطبقة الداخلية	الطبقة الوسطى	الطبقة الخارجية
وريدات venules (شكل 11)	رقيقة ونحاط بألياف شبكة وبعض الخلايا اللحمية	تتكون من 1-3 طبقات من العضلات الملساء	هي الطبقة الأغلظ وتتكون من ألياف كولاجين
أوردة صغيرة - متوسطة small-medium veins مثل وريد الكلية ووريد الفخذ (شكل 12)	تتألف من خلايا بطانية ترتكز على طبقة تحت بطانية دقيقة ويخرج منها صمامات	تشكل من 3-5 حزم صغيرة من عضلات ملساء تتخللها ألياف مرنة وشبكة	غليظة وفيها حزم من ألياف كولاجين وشبكة من الألياف المرنة
أوردة كبيرة large veins مثل الوريدين الأجوفين العالي والسفلي (شكل 13)	ترتكز الخلايا البطانية على طبقة تحت بطانية ، وتمتد منها صمامات باتجاه تجويف الوريد	رقيقة وفيها طبقات قليلة من عضلات ملساء والكثير من النسيج الضام	غليظة جداً، وفيها حزم طويلة ودائرية من خلايا عضلية ملساء ، وألياف مرنة، وحزم كولاجينية



(شكل 11) صورة مجهرية ضوئية في وريد صغير في مقطع طولي (فوق) ومقطع عرضي (تحت يمين)، يظهر إلى يساره مقطع عرضي في شريان دقيق، تشير رؤوس الأسهم إلى عضلات ملساء في جدر هذه الأوعية

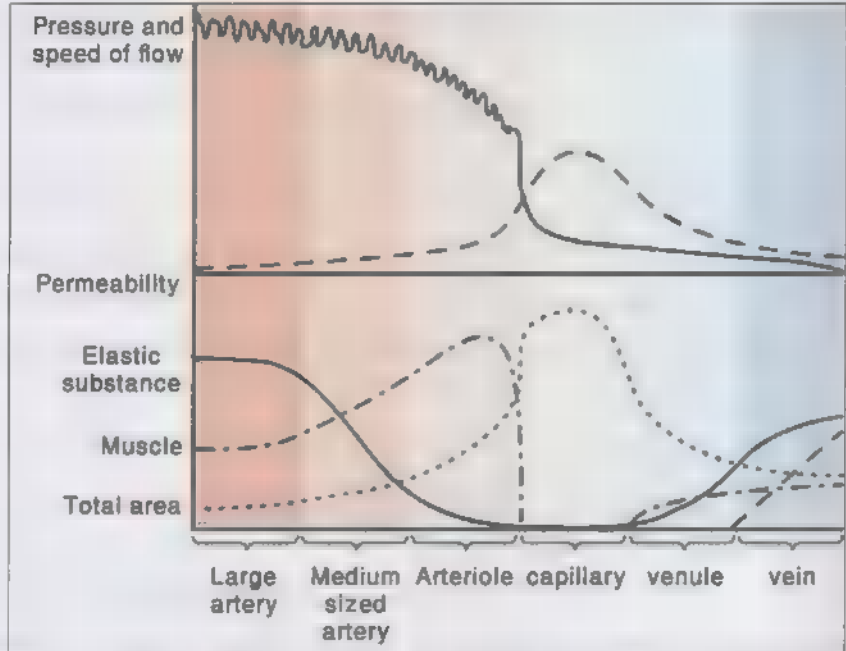


(شكل 12) صورة بالمجهر الضوئي لقطع عرضي من جدار وريد صغير، متوسط. لاحظ الصمام (سهم) داخل الوريد. كذلك، لاحظ عدد طبقات العضلات الملساء (3-5) في جدار الوريد



(شكل 13) صورة بالمجهر الضوئي لجزء من جدار الوريد الأجوف العلوي. لاحظ وقرة الألياف العضلية في الطبقة الخارجية وكذلك وجود أوعية دموية في هذه الطبقة

رجع للشكل 14 ولاحظ العلاقة بين ضغط الدم وسرعة تدفقه ونفاذية الأوعية له، وما يقابل من تركيب نسيجي للأوعية، ممثلاً بالألياف المرنة والألياف العضلية وأوعية الأوعية.



(شكل 14) منحنيات تبين العلاقة بين أنواع الأوعية الدموية وبعض صفاتها النسيجية والفسيولوجية

3 القلب Heart

يتكون هذا العضو من كتلة من الألياف العضلية القلبية التي تتقبض بإيقاع منظم، وتضخ الدم إلى جميع مناطق الجسم. كذلك ينتج الأذين الأيمن، هرموناً يدعى البروتين الأذيني المدر للصوديوم atrial natriuretic protein المسؤول عن إنقاص ضغط الدم الزائد وإعادة تدويره إلى المستوى الطبيعي.

يتكون جدار القلب من أجزاء ثلاثة هي: بطانة القلب (الشغاف) endocardium وعضلة القلب myocardium والنخاب. epicardium (شكل 15) وللقلب منطقة مركزية تتشكل من هيكل ليفي fibrous skeleton يعمل كقاعدة لصمامات القلب وكمركز للألياف العضلية القلبية. ونعالج فيما يلي أغلفة القلب، وهيكله الليفي وصماماته ومنظم ضرباته.

1.3 الأغلفة Tunics

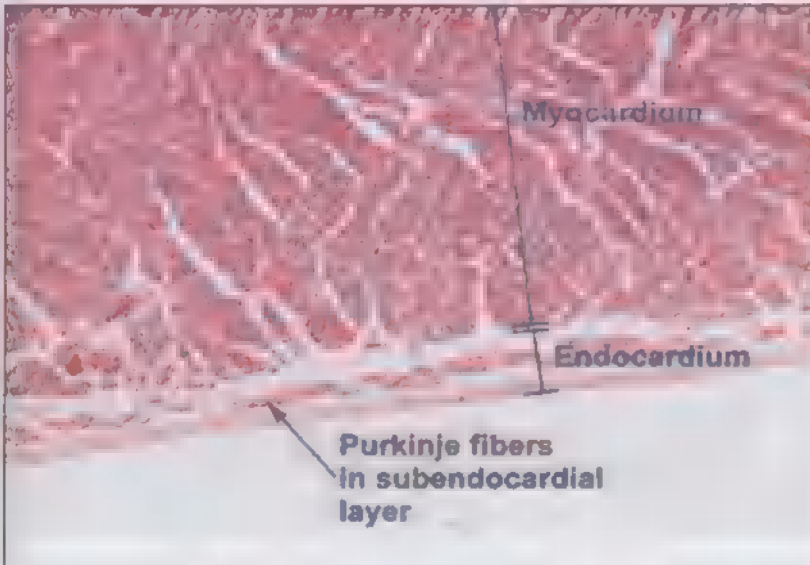
أ. بطانة (شغاف) القلب endocardium: وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية الحشرية التي تتركز على طبقة تحت بطانية تتألف من نسيج ضام يحتوي ألياف كولاجين، وألياف مرنة

وخلايا عضلية ملساء (شكل 15)، وتتفصل بطانة القلب عن عضلة القلب بمنطقة تحتوي أوردة وأعصاباً وتقرعات من خلايا بركنجي **Purkinji cells** التي تنقل المنبه العصبي.

ب. عضلة القلب **myocardium**: وهي أغلظ الأغلفة، وتتألف من خلايا عضلية تحيط بحجرات القلب على هيئة طبقات لولبية. ويرتكز الكثير من تلك الطبقات إلى هيكل ليفي **fibrous skeleton** وتنظم الخلايا العضلية بعدة اتجاهات. ويمكن تصنيف هذه الخلايا إلى مجموعتين: واحدة انقباضية وأخرى مولدة للمنبه وناقلة له. وتجدر الإشارة إلى أن الهيكل الليفي **fibrous skeleton** يتكون من نسيج ضام كثيف يشكل حلقات تحيط بصمامات القلب وتثبت قواعدها، كما تمثل مركزاً لأصول وانفراز عضلات القلب.

ج. النخاب **epicardium**: يشكل النخاب الطبقة الحشوية من غشاء التامور **pericardium** ويغطي من الخارج بطبقة واحدة من نسيج طلائي حرشفي تستند على طبقة رقيقة من النسيج الضام الطري، التي تحتوي شبكات من الألياف المرنة والأوعية الدموية والأعصاب ويتجمع في هذه المنطقة نسيج دهني يحيط بالقلب.

يقابل النخاب الطبقة المحيطة لغشاء التامور، التي تتشكل من نسيج ضام طري يحتوي أنبوبة مرنة وأخرى كولاجينية. إضافة إلى خلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة. وتغطي هذه الطبقة المحيطة بنسيج طلائي حرشفي بسيط، ويسمح السطح الرطب والأملس لكل من سطح القلب والطبقة المحيطة لغشاء التامور، إضافة إلى الحيز بينهما، بانزلاق إحداها فوق الأخرى أثناء انقباض واسترخاء القلب. وعندما يتقلص الحيز بين الطبقتين، كما يحدث عند التهاب غشاء التامور تنقيد حركة القلب إلى حد كبير.



(شكل 15) صورة بالمجهر الضوئي لقطع طولي في جدار القلب

صمامات القلب Valves of the Heart

تتكون صمامات القلب من لب من نسيج ضام كثيف غير منتظم يحتوي أليافاً كولاجينية ومرنة، إضافة إلى نسيج شبه غضروفي. ويحاط هذا اللب بخلايا بطانية تمثل استمراراً لخلايا بطانة القلب. وتتصل أسس هذه الصمامات بالحلقات الليفية في الهيكل الليفي للقلب. تجدر الإشارة إلى أن الصمامات الأبهريّة والرئوية لا تحتوي أوعية دموية بخلاف الوضع في الصمامات الأذينية البطينية.

متنظمات ضربات القلب

يتشكل نظام توليد ونقل المنبه في القلب من عدة تراكيب تسمح للأذنين والبطينين بالانقباض الانبساط بإيقاع منظم. ومن هذه التراكيب: العقدة الجيبية الأذينية والعقدة الأذينية البطينية بحزمة هس (شكل 16).

أ. العقدة الجيبية الأذينية Sinoatrial Node

وتقع عند نقطة دخول الوريد الأجوف العلوي للأذين الأيمن (شكل 16). وخلايا هذه العقدة صفات عضلية وعصبية، وتعمل هذه العقدة كمنظم لضربات القلب.

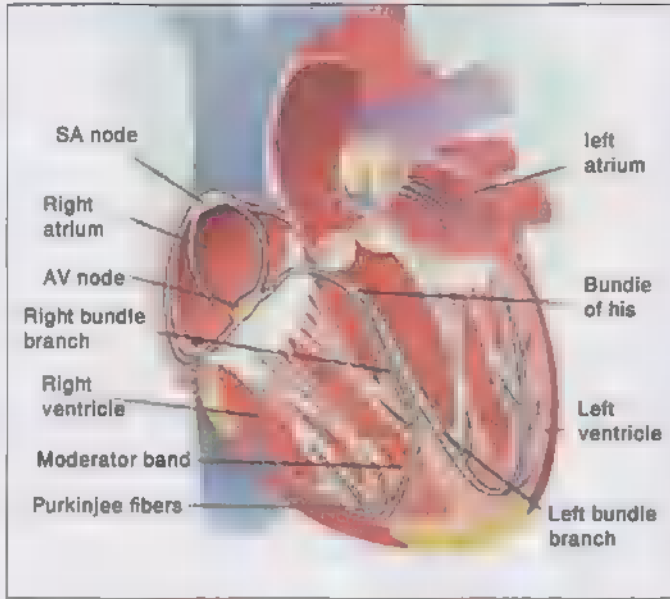
ب. العقدة الأذينية البطينية Atrioventricular Node

وتقع أسفل الجدار الفاصل بين الأذنين (شكل 16) وتتكون من خلايا لها صفات عضلية عصبية، إضافة إلى شريينات وكميات وفيرة من النسيج الدهني.

ج. حزمة هس bundle of His

وتوجد في الجزء العلوي من الجدار الفاصل بين البطينين، وتشكل من ألياف بركنجي Purkinje fibers (شكل 16) التي تخترق الهيكل الليفي للقلب وتنقسم إلى فرع حزمة أيمن right bundle branch وفرع حزمة أيسر left bundle branch، الذي ينقسم بدوره إلى حزمة أمامية anterior fasicle وحزمة خلفية posterior fasicle (شكل 16). وتغطي هذه الخلايا المنطقة الممتدة من حزمة هس عبر الطبقة تحت البطانة القلبية إلى قمة القلب، حيث تعكس اتجاهها وتغطي أفرعاً جانبية تتصل بالعضلات البطينية بواسطة روابط فجوية. ويسمح هذا التنظيم النسيجي بسرعة نقل الانقباض إلى قمة القلب حيث ينقبض أولاً لدفع الدم من البطينين، وبعد ذلك تمتد موجة الانقباض إلى منطقة صمامي الشريانين الرئوي والأبهري.

يتزود القلب بأعصاب من الجهازين الودي ونظير الودي، وعلى الرغم من أن هذه الأعصاب لا تؤثر في توليد ضربات القلب، إلا أنها تؤثر في إيقاع هذه الضربات. ويؤدي حفز الجهاز الودي وكذلك زيادة إفراز هرمون إبينيفرين epinephrine إلى تسريع الإيقاع، بينما يؤدي حفز الجهاز نظير الودي إلى إبطائه.



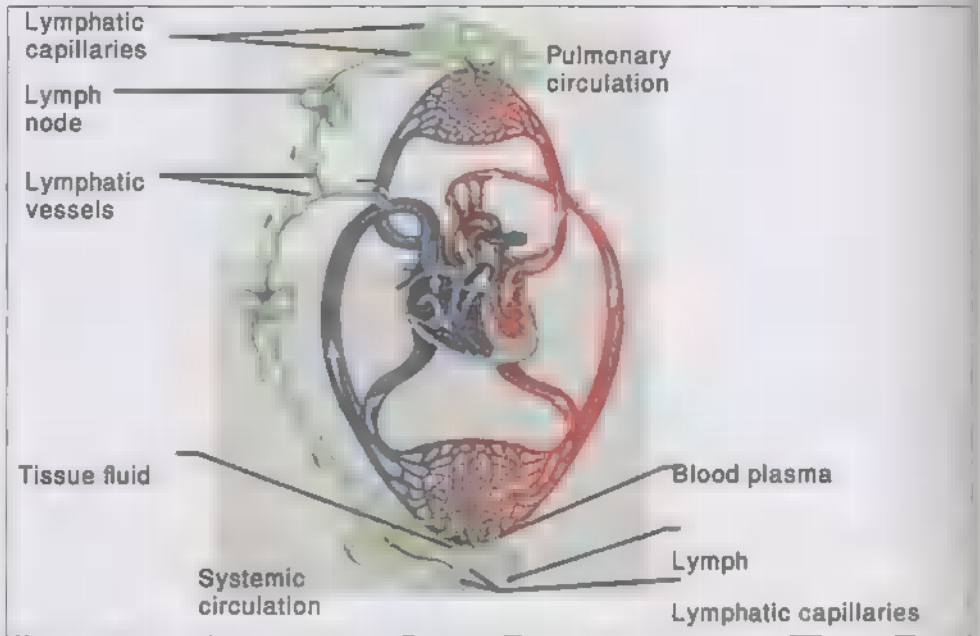
(شكل 16) رسم يبين مكونات القلب ونظام توليد ونقل المنبهات

4. الجهاز الدوري اللمفاوي Lymphatic Vascular System

لجسم الإنسان جهاز لمفاوي يتكون من قنوات رقيقة الجدر ومبطنة بخلايا طلائية حشرية تجمع السوائل من الحيزات النسيجية وتعيدها إلى الدم. وبخلاف الدم، يتحرك هذا السائل اللغوي يسمى **lymph** باتجاه القلب فقط (شكل 17).

أدق مكونات هذا الجهاز هي الشعيرات اللمفاوية **lymphatic capillaries** التي تبدأ في أنسج الجسم كأوعية مكونة من طبقة واحدة من الخلايا البطانية، ولا تحتوي هذه الشعيرات أية ثقوب في جدرها، ولا يوجد بين خلاياها البطانية أية روابط محكمة، كما أن خلاياها لا ترتكز على صفيحة قاعدية متواصلة. من جهة أخرى، تبقى الشعيرات اللمفاوية مفتوحة بمساهمة حزم اللييفات المرنة الدقيقة التي تشد جدر الشعيرات إلى النسيج الضام المحيط بها.

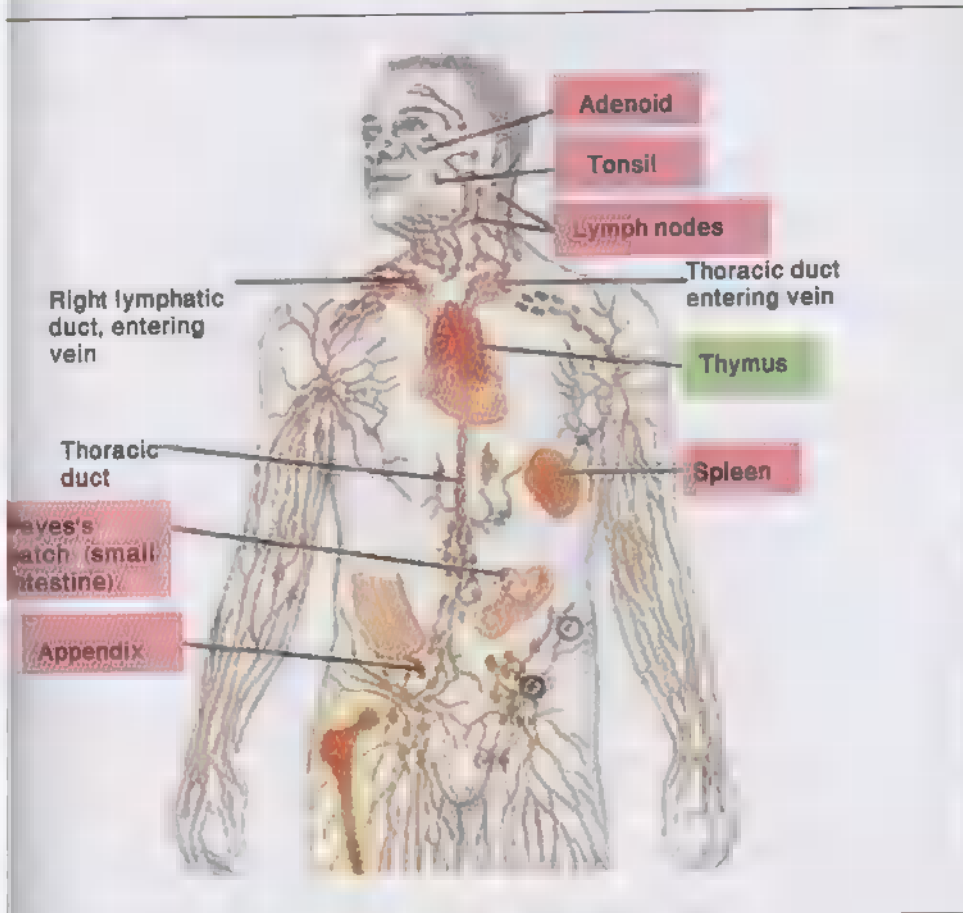
تمتص الشعيرات اللمفاوية بعض المتحللات بالكهرباء **electrolytes** والبروتينات التي تخرج من شعيرات الدم، وينقل اللمف من الشعيرات إلى أوعية أكبر فأكبر لتصب في قناتين كبيرتين هما: القناة اللمفاوية اليمنى **right lymphatic duct** التي تجمع هذا السائل من النصف الأيمن من الجسم فوق الحاجز، والقناة الصدرية **thoracic duct** التي تستلمه من بقية أجز الجسم (شكل 18). وتصب كل من هاتين القناتين في موقع التقاء الوريد الودجي الداخلي الأيمن **internal jugular vein** مع الوريد تحت الترقوي الأيسر **left subclavian vein** والوريد الودمي الداخلي الأيمن **right internal jugular vein** (شكل 18). وتوجد في مسار الأوعية اللمفاوية



(شكل 17) رسم يبين نقل اللمف باتجاه القلب فقط

تجدر الإشارة إلى أنه عند تجمع السائل اللمفاوي في الحيزات النسيجية، بسبب عدم قدرة الجهاز اللمفاوي على إعادته إلى القلب، تنتفخ تجاويف الجسم والحيزات النسيجية، وتنشأ حالة تسمى استسقاء edema. ويعتبر مرض الفيل elephantiasis مثلاً على هذه الحالة التي تحدث بسبب انسداد الأوعية اللمفاوية ببعض الطفيليات.

ومن حيث التركيب النسيجي، تتماثل الأوعية اللمفاوية الكبيرة مع الأوردة في عدة أمور أبرزها: وجود ثلاث طبقات في جدرها الرقيقة، إضافة إلى وجود صمامات داخلية، وحزم من الألياف العضلية الدائرية الملساء في الطبقة الوسطى. وتلاحظ في جدر القناتين اللمفاويتين الكبيرتين (اللمفاوية اليمنى والصدرية) وفرة من الأوعية الدموية والألياف العضلية الملساء والأعصاب. وتتمكن الأوعية اللمفاوية من إعادة السائل اللمفاوي إلى القلب بمساعدة العضلات الهيكلية المحيطة بها، إضافة إلى الصمامات التي أشرنا إليها.



(شكل 18) أبرز مكونات الجهاز اللمفاوي

الفصل التاسع

الجهاز اللمفاوي

The Lymphoid System

1. أنواع الأعضاء اللمفاوية.....167
2. وظائف الجهاز اللمفاوي.....168
3. أنواع التفاعلات المناعية.....169
4. أنواع الخلايا المناعية.....170
5. الأعضاء اللمفاوية.....171

9

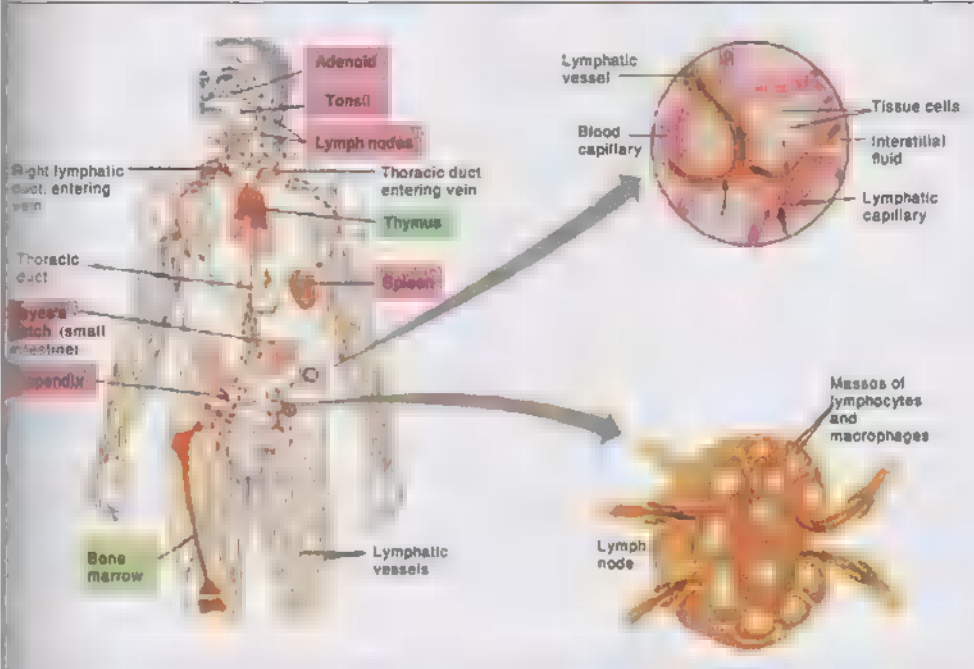
يملك الإنسان كياناً كيميائياً خاصاً به، ويشكل دخول أية مواد غريبة إلى جسمه حالة تستدعي التصدي لها بنظام دفاعي فعال. ويوجد في الإنسان جهاز مناعي يسمى الجهاز اللمفاوي، يحمي الجسم من تأثيرات تلك المواد التي قد تكون جزيئات أو فيروسات أو بكتيريا أو غيرها من المواد الغريبة. وللقيام بمهمة الدفاع، يملك جهاز المناعة قوة استطلاع جيدة تميز الأجسام الدخيلة، ثم تهاجمها مباشرة بوساطة خلايا لمفاوية أو بوساطة أسلحة مختارة تتمثل بالأجسام المضادة، وبمساعدة فرق تشبه المرتزقة، تدعى الخلايا الأكولة الكبيرة. يتكون الجهاز اللمفاوي من خلايا وأعضاء موزعة في أنحاء الجسم، أما الخلايا فإن أبرزها هي الخلايا اللمفاوية التي تكون مع الخلايا الشبكية أعضاء وعقيدات لمفاوية، تنتشر في أجهزة الهضم والتنفس والإخراج.

1. أنواع الأعضاء اللمفاوية

يمكن تصنيف الأعضاء اللمفاوية إلى مجموعتين. هما:

أ. الأعضاء اللمفاوية المركزية **central lymphoid organs**. وتشمل الغدة الصعترية **thymus gland** حيث تتكون الخلايا التائية (T cells)، ونخاع العظم **bone marrow** حيث تتكون الخلايا البائية (B cells) (شكل 1).

ب. الأعضاء اللمفاوية الطرفية **peripheral lymphoid organs**. مثل الطحال **spleen** والعقد اللمفاوية **lymph nodes**، واللوزات **tonsils** والعقيدات اللمفاوية **lymphatic nodules** والزائدة الدودية **vermiform appendix** ورفق باير **Peyer's patches** في الأمعاء الدقيقة (شكل 1). ويمكننا اعتبار الأعضاء المركزية مواقع تدريب تنشأ فيها وتنتقل منها الخلايا اللمفاوية، بينما تعتبر الأعضاء الطرفية "ساحات قتال" يتم فيها مواجهة "الأعداء"، ويشبه الدم والسائل اللمفاوي بخطوط مواصلات ينتقل عبرها أفراد جيش المناعة. في هذا الفصل سندرس وظائف الجهاز المناعي وأنواع التفاعلات المناعية، إضافة إلى الخلايا والأعضاء المناعية، مشيرين إلى قيمتها الوظيفية دون الخوض بالأساس الجزيئي لعمل هذا الجهاز، ذلك أن هذا الموضوع يغطي بمادة علم المناعة **immunology**.



(شكل 1) رسم يبين توزيع النسيج اللمفاوي في جسم الإنسان

2. وظائف الجهاز اللمفاوي

يقوم الجهاز اللمفاوي بالوظائف التالية:

- أ. يخرج من الدم إلى أنسجة الجسم حوالي ثلاثة لترات يومياً من الماء بما فيه من أملاح وبروتينات، ويعود هذا السائل الذي يسمى **lymph** إلى الجهاز اللمفاوي بانتشاره خلال شعيرات لمفاوية تتداخل بين الشعيرات الدموية، حيث تصب في الأوعية اللمفاوية ومن ثم في الأوردة القريبة من القلب، وفي حالة عدم عودة اللمف إلى القلب، فإنه يتجمع في الحيز البينية (بين الأنسجة)، ويؤدي ذلك إلى انتفاخ الأنسجة وتجاويف الجسم وينشأ عن تلك الحالة استسقاء **edema**. ومن العوامل التي تؤدي إلى هذه الحالة انسداد الأوعية اللمفاوية بديدان طفيلية، حيث ينتج عن ذلك مرض **elephantiasis**.
- ب. الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة، فعلى امتداد الأوعية اللمفاوية توجد انتفاخات تدعى عقد لمفاوية **lymph nodes** توجد داخلها شبكة من النسيج الضام الذي تمتلئ حيزاته بخلايا دم بيضاء، وأهمها الخلايا اللمفاوية المتخصصة بالدفاع عن الجسم. وعند مقاومة الجسم للمواد الغريبة تتكاثر الخلايا اللمفاوية بسرعة فائقة، مما يجعل العقد اللمفاوية طرية وأكبر حجماً. وعند اشتباه الطبيب بإصابة الجسم بنوع من الالتهاب، فإنه يتحسس قوام وحجم العقد اللمفاوية.

9

ج. امتصاص المواد الدهنية التي هضمت في الأمعاء الدقيقة وذلك بواسطة شعيرات لمفاوية تدعى اللوابين lacteals التي توجد في لب خملات الأمعاء الدقيقة. وتنقل المواد الدهنية من اللوابين إلى أوعية لمفاوية أكبر فأكبر إلى أن تصب في القناة الصدرية thoracic duct التي أشرنا إليها في فصل سابق.

أنواع التفاعلات المناعية

يتوفر في جسم الإنسان نوعان من التفاعلات المناعية هما: المناعة الخلوية cellular immunity والمناعة الخلطية humoral immunity. ونستعرض تالياً أبرز سمات هذين النوعين:

1.1 المناعة الخلوية

في هذا النوع من المناعة تتفاعل خلايا مناعية مقتدرة immunocompetent cells مع الأحياء الدقيقة والخلايا الناتجة من أورام أو أعضاء مزروعة في الجسم، وكذلك الخلايا المعدية بالفيروسات، وتقتلها فيما بعد. والخلايا التي تقوم بهذه المهمة هي الخلايا اللمفاوية التائية.

1.2 المناعة الخلطية

تعتمد هذه المناعة على وجود أجسام مضادة antibodies في الدم، وهي بروتينات كربوهيدراتية glycoproteins تقتل الأجسام الغريبة. وتتكون الأجسام المضادة من قبل الخلايا البلازمية plasma cells التي تنتجها الخلايا اللمفاوية البائية، ولقد تحدثنا عن هذين النوعين من الخلايا في فصل سابق. ونظراً لأهمية مولدات الضد والأجسام المضادة في المناعة الخلطية، فإننا سنغطي المعلومات الأساسية المتعلقة بها.

أ. مولدات الضد Antigens

يؤدي دخول جسم غريب (مولد ضد) إلى الجسم لنوع من الاستجابة في جهاز المناعة، وقد تكون هذه الاستجابة خلوية أو خلطية، لكنها غالباً ما تشمل النوعين معاً. وقد تكون مولدات الضد موجودة على أسطح أو داخل خلايا كاملة، مثل البكتيريا أو الخلايا السرطانية، أو قد تكون على هيئة جزيئات كبيرة مثل البروتينات والكربوهيدرات المتعددة أو البروتينات النووية. وفي كل الحالات، تكون دقة الاستجابة مبنية على مناطق جزيئية صغيرة تدعى محددات مولد الضد antigenic determinants. وتتكون المحددات ضد البروتينات والكربوهيدرات المتعددة من 4-6 أحماض أمينية وعدد مماثل من الكربوهيدرات الأحادية، ويشير مولد الضد ذو المحددات المتعددة، كالبكتيريا، استجابات خلوية وخلطية واسعة.

ب. الأجسام المضادة Antibodies

هذه بروتينات كربوهيدراتية (وتدعى أيضاً جلوبولينات المناعة immunoglobulins) تتفاعل مع محددات مولد الضد بدقة متناهية. وتفرز هذه الأجسام من الخلايا البلازمية التي تنشأ نتيجة توالد وتمايز الخلايا اللمفاوية البائية. ويمكن تحديد أربع مجموعات من جلوبولينات المناعة في جسم الإنسان، وهي:

1. جلوبولين المناعة IgG G، وهي المجموعة الأكثر شيوعاً، وتشكل حوالي 70% من جلوبولينات مصل الدم، وهو النوع الوحيد الذي يستطيع عبور المشيمة لينتقل إلى الجنين كي يحميه من العدوى.
2. جلوبولين المناعة IgA A، ويتوفر بكميات قليلة في الدم، وهو النوع الرئيسي من جلوبولينات المناعة في الدموع واللعاب واللبا، وإفرازات الأنف والأمعاء والقصيبات والبروستات، وكذلك في سائل المهبل.
3. جلوبولين المناعة IGM M و يشكل حوالي 10% من جلوبولينات مصل الدم وهو النوع السائد في الاستجابات المناعية المبكرة، وله القدرة على الارتباط بأغشية الخلايا البائية ليعمل كمستقبل خاص لمولدات الضد.
4. جلوبولين المناعة IgE E ذو الميل الكبير لمستقبلات في أغشية الخلايا الصارية mast cells والخلايا قاعدية الاصطبغ basophils.

4. أنواع الخلايا المناعية

تحتوي الأعضاء اللمفاوية التي سنعالجها لاحقاً خلايا لمفاوية وخلايا مقدّمة لمولدات الضد وخلايا أكولة كبيرة. وفي فصل سابق ذكرنا الخلايا اللمفاوية كنوع أساسي من خلايا الدم البيضاء، وأشرنا إلى أن هذه الخلايا قد تكون بائية (B) تنشأ في نخاع العظم أو تائية (T) تتكون في الغدة الصعترية. وذكرنا أيضاً أنه توجد من الخلايا التائية أربعة أنواع هي: المسممة cytotoxic أو القاتلة killer والمساعدة helper، والكابحة suppressor، والذاكرة memory.

أما الخلايا المقدمة لمولدات الضد antigen-presenting فإنها توجد في معظم الأنسجة ولها القدرة على التعامل مع مولدات الضد وتقديمها للخلايا اللمفاوية. وتشمل هذه الطائفة من الخلايا التي تنشأ في نخاع العظم، خلايا مختلفة مثل الخلايا الأكولة كبيرة، وخلايا لانجرهانس Langerhans cells في الجلد وخلايا M في الأمعاء الدقيقة. وتشير الدراسات إلى أن الخلايا المقدمة لمولدات الضد تلتقط الأجسام الغريبة وتفككها جزئياً في الأجسام الحالة، ثم تعيد جزء من المادة المفككة إلى سطحها. وتعتبر هذه العملية ضرورية، ذلك أن معظم مولدات الضد

تتبع مباشرة مع الخلايا اللمفاوية. وبالنسبة للخلايا الأكلة الكبيرة فقد عالجتها عند
رئتنا الأنسجة الضامة.

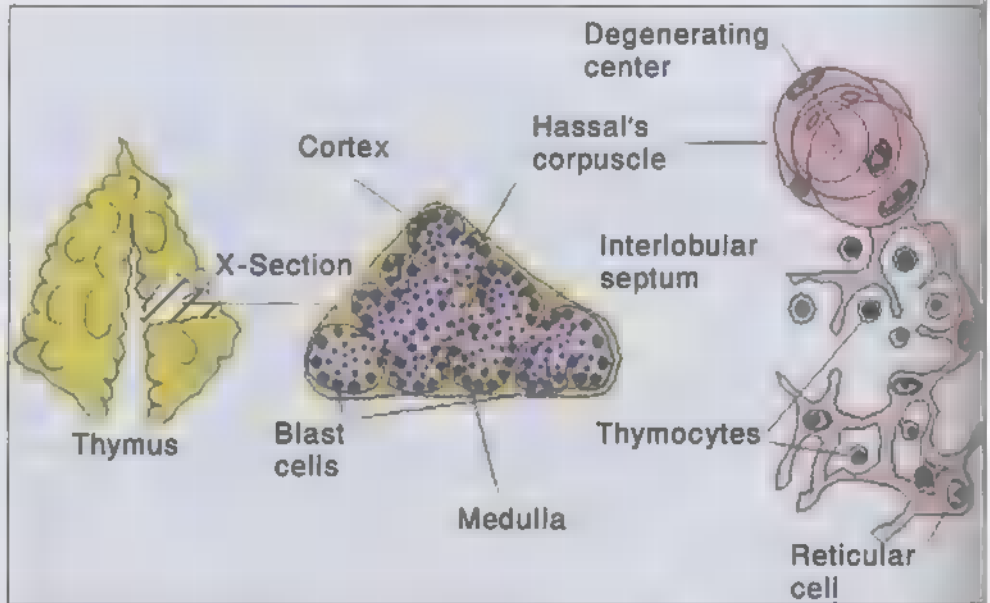
الأعضاء اللمفاوية Lymph Organs

الغدة الصعترية Thymus Gland

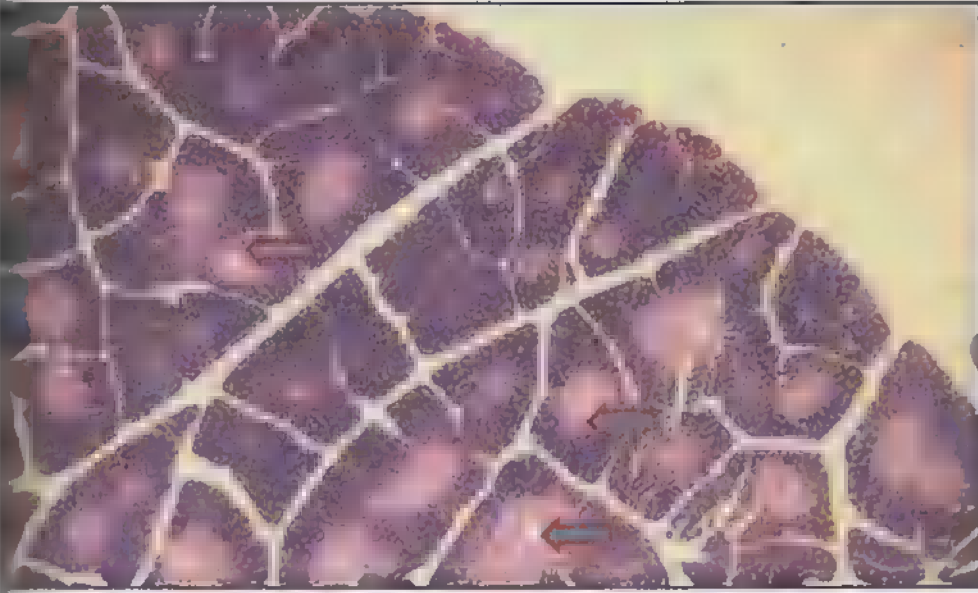
تقع هذه الغدة في منطقة الصدر تحت القص sternum وتنمو بشكل كبير يتناسب مع نمو
الجسم بعد الولادة مباشرة. إلا أنها تبدأ بالانكماش بعد سن البلوغ، إذ يبدأ النسيج الدهني
باحتراقها. وتحاط الغدة الصعترية بكبسولة من النسيج الضام الكثيف غير المنتظم الذي يمتد
في داخلها ليقسمها إلى فصيصات lobules، لكل منها محيط داكن يدعى القشرة cortex ومنطقة
مركزية تسمى اللب medulla (شكل 3.2).

الكبسولة Capsule

تتكون الكبسولة من نسيج ضام كثيف يحتوي ألياف كولاجين وخلايا ليفية، إضافة إلى أوعية
دموية. تدخل الكبسولة وتتفرع معها داخل الغدة لتكوّن حواجز spetae تقسم الغدة إلى فصيصات
لم نذكرنا آنفاً.



(شكل 2) رسم يبين مكونات الغدة الصعترية



(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية لمقطع من الغدة الصعترية. لاحظ الفصيصات ولها الفاتح الذي يحتوي كريات هاسل (أسهم)

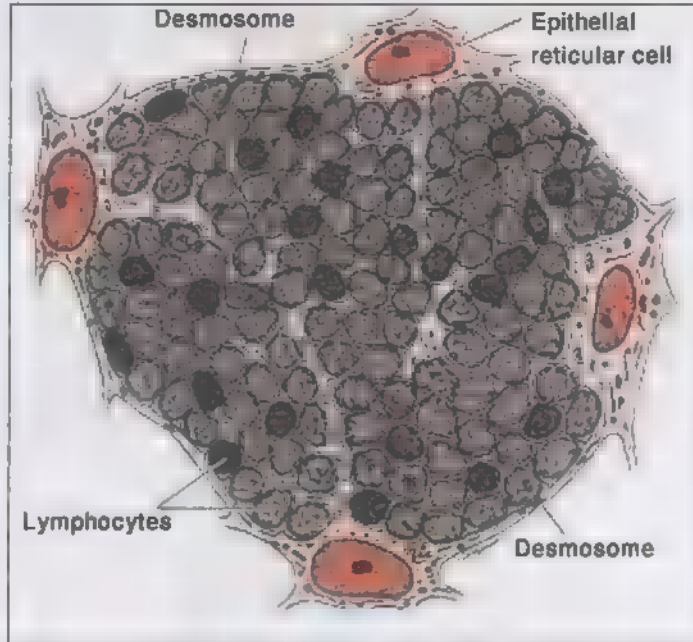
ب. القشرة Cortex

تشكل القشرة من ثلاثة أنواع من الخلايا، هي: الخلايا اللمفاوية التائية (T) وهي الأكثر عدداً، والخلايا الطلائية الشبكية epithelial reticular cells بأعداد أقل، وبعض الخلايا الأكبر الكبيرة macrophages. وتتصف الخلايا الشبكية بشكل نجمي، وهذا ما يساعد في تكوين شبكة داخل جسم الغدة الصعترية. وتتصل أذرع الخلايا المتجاورة بأجسام رابطة (شكل 5.4)، ويؤدي هذا النظام التسيجي إلى تعزيز كفاءة عملية ترشيح السائل اللمفاوي من الشوائب.

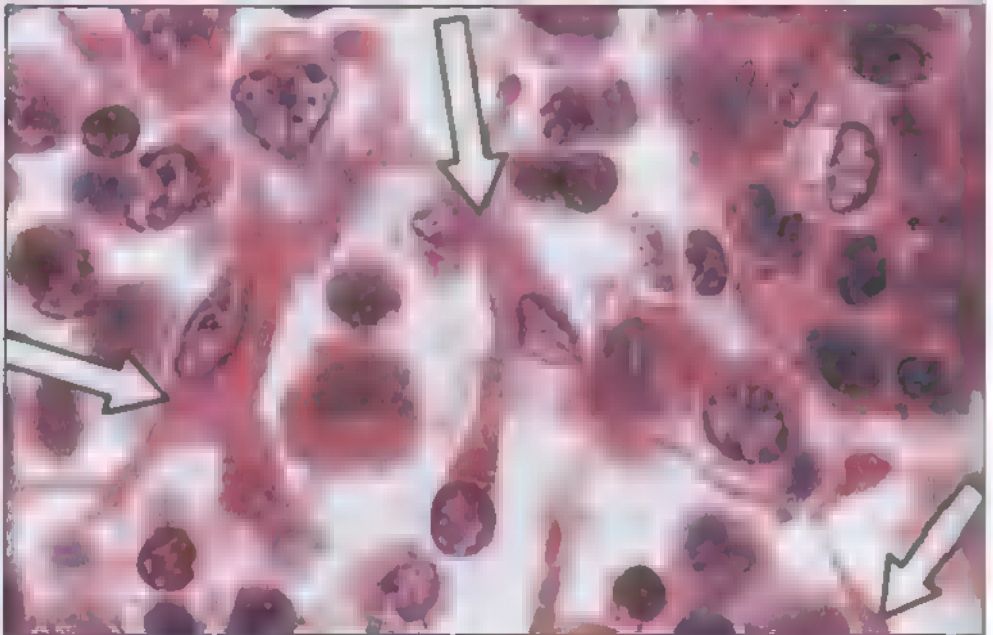
ج. اللب Medulla

يحتوي اللب عدداً كبيراً من الخلايا الطلائية الشبكية إضافة إلى نسبة ضئيلة من خلايا لمفاوية أصغر من تلك الموجودة في القشرة. وبسبب هذا التركيب الخلوي يصطبغ لب فصيصات الغدة الصعترية بلون فاتح. ويمتاز اللب بوجود تراكيب خاصة تدعى كريات هاسل Hassal's corpuscles (شكل 6.2) التي تتألف من خلايا طلائية شبكية متراكزة لا تلبث أن تتلاشى عند البلوغ. ولهذه الكريات مراكز شفافة تصطبغ بصبغة إيوسين eosin وتحتوي خيوطات كراتين وتكون متكلسة أحياناً.

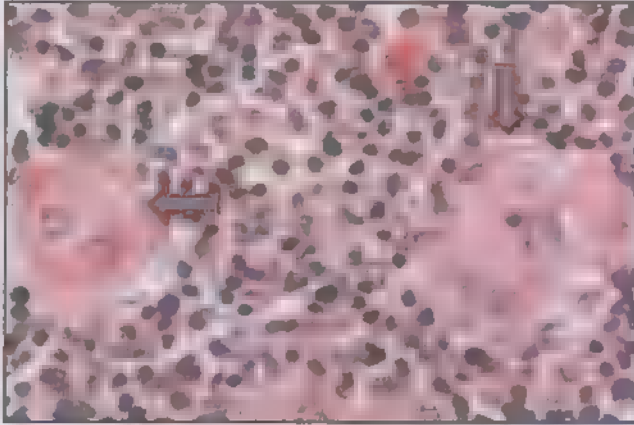
9



(شكل 4) رسم يبين العلاقة بين الخلايا الطلائية الشبكية والخلايا اللمفاوية. لاحظ الأجسام الرابطة بين أذرع الخلايا المذكورة



(شكل 5) صورة مجهرية ضوئية لخلايا طلائية شبكية. لاحظ تواصل أذرع هذه الخلايا (أسهم)



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لجزء من لب غدة صغترية يحتوي كرتي هاسل (سهم)
وتظهر طبقات خلوية متراكزة في كل منهما.

د. الأوعية الدموية Blood Vessels

تدخل الشرايين الغدة الصغترية عبر الكبسولة، ومن هنالك تتفرع مع فواصل الكبسولة حتى تصل عمق الغدة. وتخرج الشريينات من الفواصل لتخترق لب الغدة الصغترية وتصل المناطق الواقعة بين القشرة واللب، وتخرج شعيرات من الشريينات إلى القشرة ثم ترتد باتجاه اللب حيث تصب في الوريدات.

ويوجد في قشرة الغدة حاجز صغتري دموي blood- thymus barrier يتكون من خلايا محيطية pericytes، وصفيحة قاعدية غليظة مشتركة بين الخلايا الطلائية الشبكية وشعيرات الغدة. ويعمل هذا الحاجز على منع وصول مولدات الضد إلى قشرة الغدة الصغترية حيث تتكون الخلايا اللمفاوية النائية.

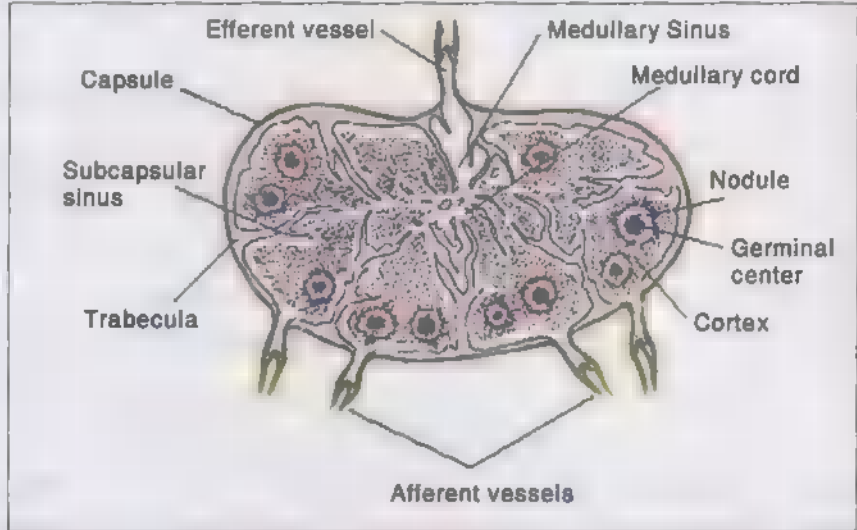
وبالنسبة لأوردة الغدة الصغترية، فإنها تخترق النسيج الضام في فواصلها وتغادر عبر الكبسولة إلى الخارج. ولا يوجد للغدة الصغترية أية أوعية لمفاوية واردة، ولذلك، فإن هذه الغدة لا ترشح السائل اللمفاوي كما تفعل العقد اللمفاوية، وتكون الأوعية اللمفاوية القليلة التي تلاحظ فيها من النوع الصادر، وهي توجد في جدر الأوعية الدموية وفي الكبسولة وحواجزها.

2.5 العقد اللمفاوية Lymph Nodes

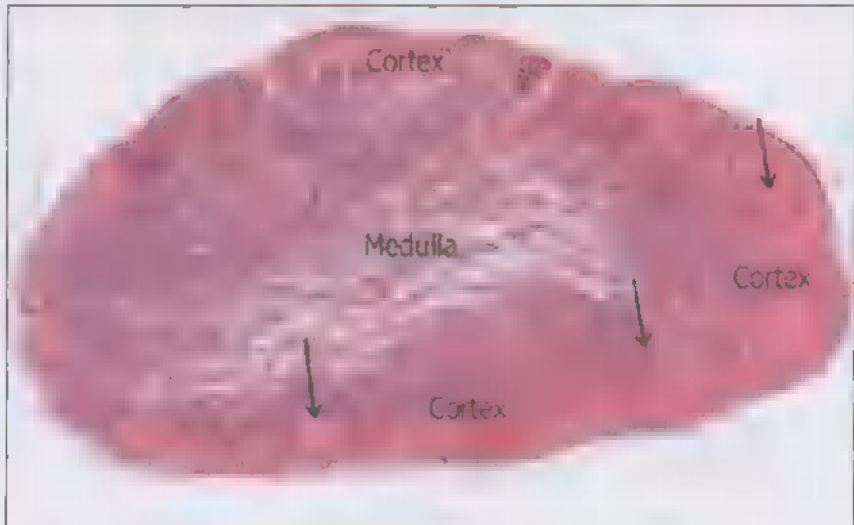
هذه أنسجة لمفاوية مكتنزة، لها شكل كروي و تحاط بكبسولة من نسيج ضام، وتنتشر في مناطق مختلفة من الجسم على طول مسار الأوعية اللمفاوية. ومن أبرز هذه العقد تلك الموجودة في منطقة العنق، وفي الإبط axilla وأصل الفخذ groin وفي الصدر والبطن وفي المساريق mesenteries. وتشكل هذه العقد مرشحات تساهم في الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة والحد من انتشار الخلايا السرطانية.

9

لكل عقدة لمفاوية جانب محدب وآخر مقعر يدعى **hilum**، تدخل من خلاله الشرايين والأعصاب وتخرج عبره الأوردة والأوعية اللمفاوية (شكل 7). وتحاط العقدة اللمفاوية بنسيج ضام كثيف غير منتظم يشكل كبسولة **capsule** تنطلق منها حواجز **trabeculae** إلى الداخل، وتحتوي كل عقدة لمفاوية منطقة محيطية تدعى القشرة **cortex**، ومنطقة وسطية تدعى اللب **medulla** (شكل 7).



(شكل 7) رسم يبين مكونات عقدة لمفاوية



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية تبين تركيب عقدة لمفاوية. لاحظ العقيدات اللمفاوية المشار إليها بأسهم

1.2.5 القشرة Cortex

تشكل قشرة العقد اللمفاوية من المكونات التالية:

أ. الجيب تحت الكبسولة **subcapsular sinus**، وهو حيز يقع تحت الكبسولة مباشرة، وتوجد فيه شبكة من الخلايا الأكولة والألياف والخلايا الشبكية. ويتصل هذا الجيب مع جيوب اللامفاوية **medullary sinuses** من خلال جيوب وسيطة تقع بجوار الكبسولة (شكل 10.7). ويعمل هذا الجيب، كغيره من جيوب العقدة اللمفاوية، في إبطاء سرعة السائل اللمفاوي لتسهيل التقاط المواد الغريبة وضمها من قبل الخلايا الأكولة.

ب. العقيدات اللمفاوية **lymphatic nodules**، وهي تجمعات كروية أو بيضاوية يتراوح قطرها بين 0.2 و 1.5 ملم (شكل 7 - 10). وتحتوي العقيدة الواحدة عدة أنواع من الخلايا أبرزها اللمفاوية البائية وبعض الخلايا اللمفاوية التائية إضافة إلى خلايا شبكية وألياف ضامة وخلايا أكولة كبيرة وخلايا مقدمة لمولدات الضد.

تأخذ العقيدة شكلاً كروياً يتكون من خلايا لمفاوية صغيرة متراسة ولا يظهر فيها مركز فاتح وتسمى عقيدة أولية **primary nodule**. وقد تظهر العقيدة اللمفاوية بمحيط داكن ومركز فاتح وتسمى عقيدة ثانوية **secondary nodule**، يتكون محيطها من خلايا لمفاوية صغيرة مكتظة ذات نوى داكنة وحافة ضيقة من السيتوبلازم. أما مركزها، فيحتوي خلايا لمفاوية نشطة تدعى خلايا **lymphoblasts** يافعة لها نوى كبيرة تحتوي كروماتين منتشر. وتكون في أطوار مختلفة من الانقسام الخلوي، ولذلك يظهر وسط كل عقيدة، الذي يسمى المركز الجرثومي **germinal center** فاتحاً. وعند تعرض العقيدة اللمفاوية لمولدات ضد، تكون الاستجابة بانقسام الخلايا اللمفاوية وتمايز معظمها إلى خلايا بلازما **plasma cells**، بينما تبقى بعضها كخلايا لمفاوية صغيرة تدعى خلايا الذاكرة **memory cells**، التي تظل في محيط العقيدات.



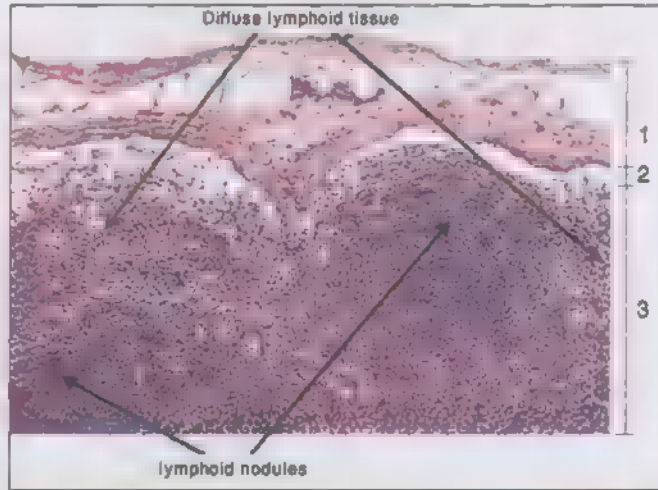
(شكل 9) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات القشرة واللب في عقدة لمفاوية. لاحظ الكبسولة (سهم)، والعقيدات اللمفاوية (رأس سهم) والحبال اللمفية (سهم ثانوي)

9

ج. المنطقة المحاذية للقشرة **paracortical area**، وتسمى أيضاً المنطقة القشرية العميقة **deep cortical area**، وهي المنطقة التي تقع حول لب العقيدة اللمفاوية (شكل 7)، وتكون خلاياها اللمفاوية من النوع التائي، كما تحتوي خلايا مقدمة مولدات الضد (الخلايا المتغصنة) **antigen presenting (dendritic) cells**، وهذه خلايا غير أكولة ولها عدة امتدادات سيتوبلازمية على هيئة صفائح مهمتها تقديم مولدات الضد إلى الخلايا التائية أو البائية لمعالجتها مناعياً. وتوجد في المنطقة المحاذية للقشرة وريدات مرتفعة البطانة **high endothelial venules**.

2.2.2. اللب Medulla

تتكون هذه المنطقة من حبال لبية **medullary cords** تتألف بدورها من خلايا لمفاوية كتخذ على هيئة حزم. إضافة إلى عدة خلايا بلازما، وخلايا أكولة وخلايا ليفية. كذلك، يحتوي اللب جيوباً لبية **medullary sinuses** (شكل 7) تستلم السائل اللمفاوي من الجيوب القشرية يتوزع. وتتصل الجيوب اللبية بالأوعية اللمفاوية الصادرة التي يخرج عبرها السائل اللمفاوي خارج العقدة اللمفاوية.

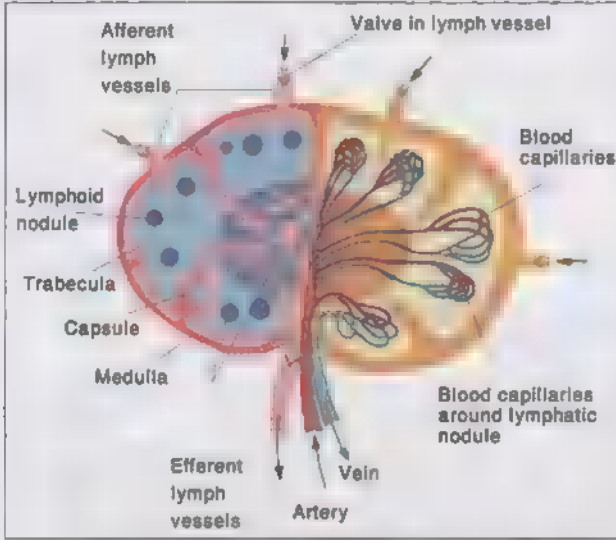


(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات القشرة في عقدة لمفاوية. لاحظ الكبسولة (1) والجيب تحت الكبسولة (2) وسطح القشرة (3) بما فيه من عقيدات لمفاوية.

2.2.5. دورة اللمف والدم

تدخل الأوعية اللمفاوية الواردة **afferent lymphatic vessels** كبسولة العقدة اللمفاوية وتصب السائل اللمفاوي في الجيب تحت الكبسولة. ومن هناك، ينتقل اللمف عبر الجيوب الوسيطة التي تنتشر بمحاذاة حواجز العقدة اللمفاوية ليتوزع في الداخل حيث يصل إلى الجيوب اللبية

(شكل 11). ونتيجة التركيب المتشعب للجيوب المذكورة، يتباطأ تدفق اللمف في العقدة اللمفاوية وفي ذلك تسهيل للتقاط وتفكيك المواد الغريبة من قبل الخلايا الأكلة. ويتجمع اللمف، المنتقل من قشرة العقدة إلى لبها، في الأوعية اللمفاوية الصادرة efferent lymph vessels التي تقع عند نقيز العقدة (شكل 11). وتساعد الصمامات في الأوعية الواردة والصادرة على تحريك اللمف باتجاه واحد. أما تزود العقد اللمفاوية بالأوعية الدموية فيقتصر على شرايين صغيرة تدخل عند النقيز وتشكل شعيرات في العقيدات اللمفاوية، تصب في أوردة صغيرة تخرج من النقيز (شكل 11).



(شكل 11) رسم يبين الدورة اللمفاوية في عقدة لمفاوية.

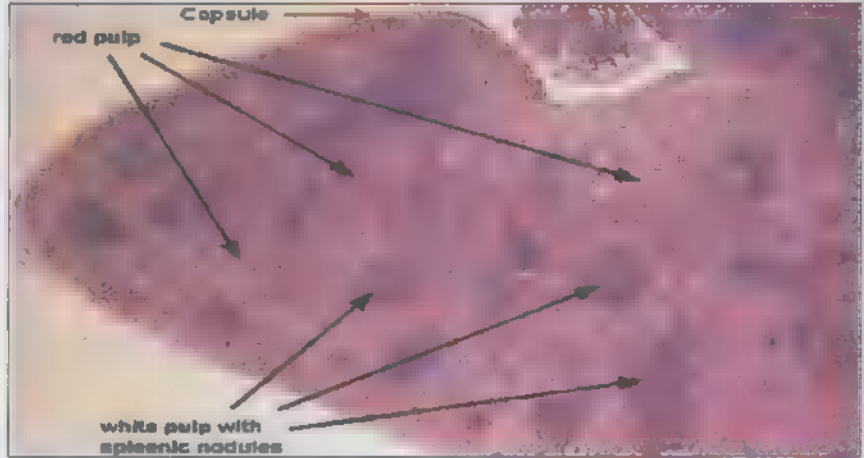
3.5 الطحال Spleen

1.3.5 وظائف الطحال

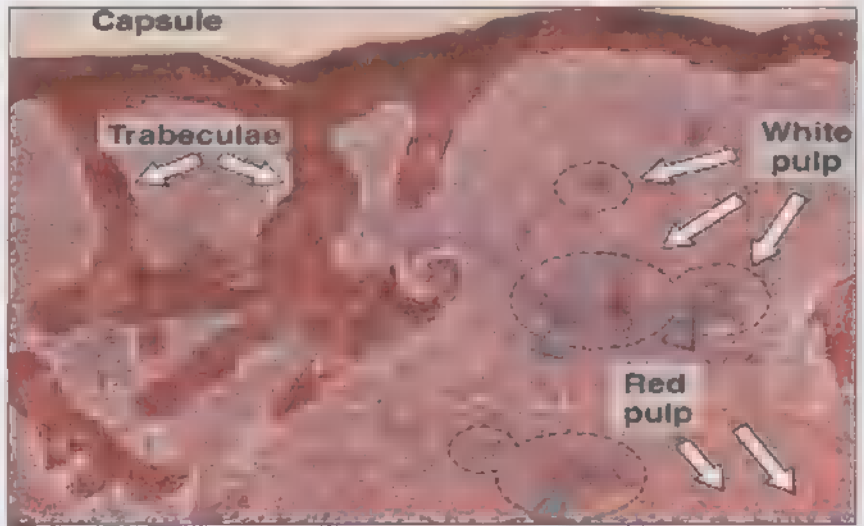
- يشكل الطحال أكبر عضو لمفاوي في جسم الإنسان، إذ يبلغ طوله حوالي 15 سم وعرضه 10 سم، ويقوم بالوظائف التالية:
- أ. الدفاع عن الجسم وذلك من خلال الأعداد الكبيرة من الخلايا الأكلة إضافة إلى الحشائش الهائل من الخلايا اللمفاوية التي تكوّن الأجسام المضادة.
- ب. تكوين الخلايا اللمفاوية النشطة التي تنتقل إلى الدم فيما بعد.
- ج. تخزين وتفكيك خلايا الدم الحمراء المنهكة وإعادة استعمال الحديد الموجود في هيموغلوبين تلك الخلايا.
- د. الترشيح المناعي للدم عبر شبكة واسعة من الألياف والخلايا اللمفاوية.

2.3 تركيب الطحال

يحاط الطحال بـ كبسولة capsule من نسيج ضام كثيف غير منتظم، تمتد منه حواجز trabeculae تقسم لب الطحال splenic pulp إلى حجرات غير متكاملة (شكل 12). وللطحال حلقة مقعرة تسمى النقيير hilum، حيث يتفرع من الكبسولة عدة حواجز trabeculae تحمل بها أعصاباً وشرائين. كذلك يخرج من منطقة النقيير عدة أوردة.



(شكل 12) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في الطحال



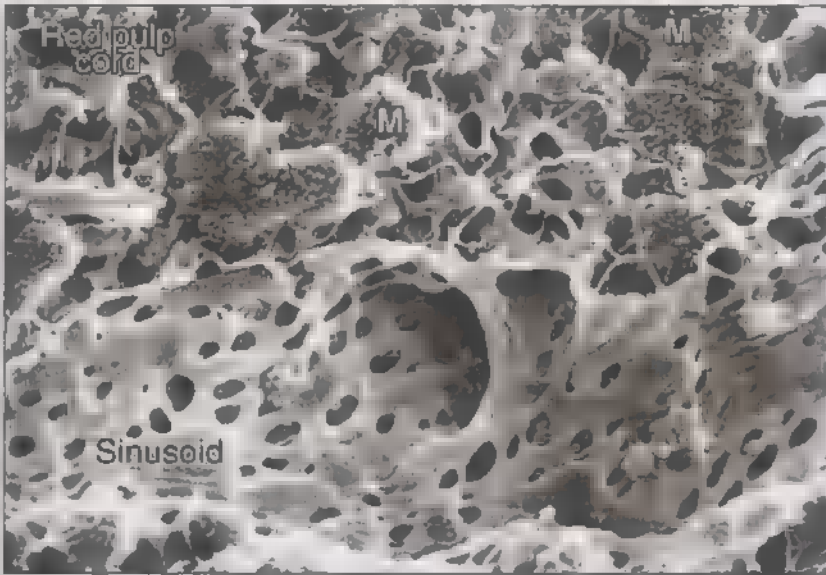
(شكل 13) صورة مجهرية ضوئية لجزء من الطحال يبين الكبسولة والحواجز التي تمتد منها باتجاه الداخل. لاحظ الشرايين المركزية في العقيدات (رؤوس أسهم)

أ. الكبسولة Capsule

تتكون الكبسولة من نسيج ضام كثيف غير منتظم، فيه القليل من الألياف المرنة والعضلات الملساء. وتمتد من الكبسولة عدة حواجز trabeculae (شكل 13) تفصل جسم الطحال إلى تجمعات مبعثرة من العقيدات اللمفاوية، وتحمل هذه الحواجز أعصاباً وشرابين، إضافة إلى أوردة تعيد الدم إلى الطحال.

ب. اللب Medulla

عند مشاهدة مقطع من الطحال، نلاحظ بالعين المجردة بقعاً بيضاء تدعى العقيدات اللمفاوية lymphatic nodules التي تشكل ما يسمى اللب الأبيض white pulp. كذلك نلاحظ منطقتين حمراء داكنة غنية بالدم تسمى اللب الأحمر red pulp الذي يتكون من حبال طحالية splenic cords تتوزع بين عدة شعيرات جيبية sinusoids (شكل 14). ويدعم لب الطحال بأعداد كبيرة من الألياف الشبكية، تحتوي بينها خلايا شبكية وخلايا أكولة كبيرة، وتعالج فيما يلي التركيب النسيجي لكل من اللب الأبيض واللب الأحمر.



(شكل 14) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين جزءاً من اللب الأحمر في

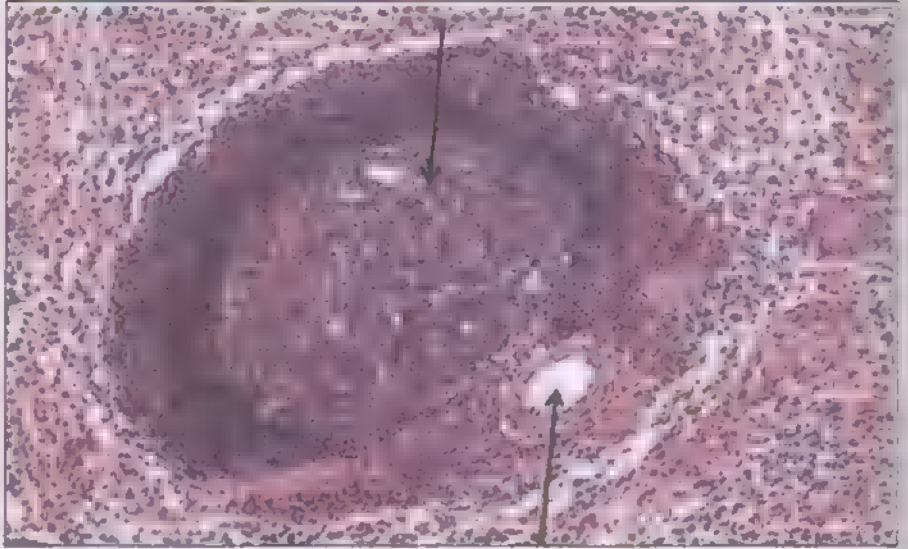
الطحال. لاحظ الشعيرات الجيبية، والخلايا الأكولة الكبيرة (M)

• اللب الأبيض White Pulp

يتشكل هذا اللب من عقيدات لمفاوية lymphatic nodules تحيط ب شرابين مركزي central arteries، وتتكون بشكل أساسي من خلايا لمفاوية بائية (شكل 15)، وتنظم

9

خلايا اللمفاوية التائية حول العقيدات المذكورة على هيئة أعمدة لمفاوية محيطة بالشرايين **periarterial lymphatic sheaths (PALS)** (شكل 16). إضافة إلى الخلايا اللمفاوية، تحتوي اللب الأبيض خلايا شبكية وأليافاً شبكية تعطي دعامة لهذا النسيج. ويوجد في حيزات هذا قظام الشبكي خلايا أكولة كبيرة. (pals)



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية تبين مقطعاً في إحدى عقيدات اللب. لاحظ المركز الجرثومي (سهم علوي)، والشريان المركزي (سهم سفلي).

ينفصل اللب الأبيض عن اللب الأحمر بـ **منطقة هامشية marginal zone** (شكل 16)، تتشكل من عدة جيوب تحتوي مولدات ضد وعدة خلايا أكولة كبيرة، وخلايا لمفاوية بائية وتائية خرجت من الدم إلى تلك الجيوب، إضافة إلى خلايا متفصّنة **dendritic cells** تصطاد مولدات الضد وتقدمها للخلايا اللمفاوية. وعليه، فإن للمنطقة الهامشية دوراً في ترشيح الدم وشن هجوم مناعي ضد الأجسام الغريبة، حيث تقوم الخلايا الأكولة الكبيرة بتفكيك وإزالة تلك الأجسام.

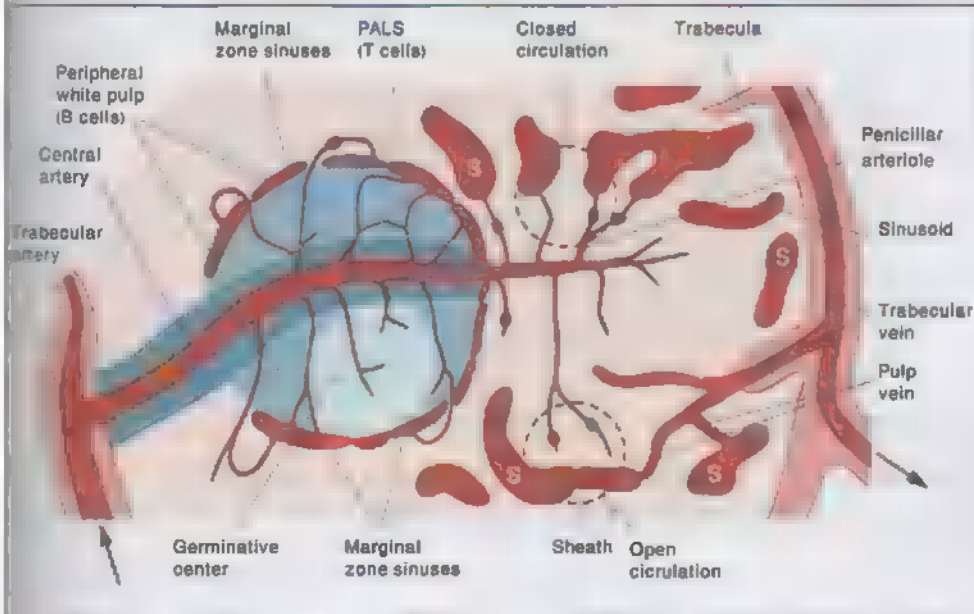
• اللب الأحمر Red Pulp

هذا نسيج شبكي يتصف بوجود حبال بلروث **splenic cords of Billroth** الطحالية التي تتشكل من خلايا شبكية وخلايا أكولة كبيرة ثابتة ومتجولة وخلايا لمفاوية وخلايا بلازما وخلايا وحيدة **monocytes**، إضافة إلى خلايا دم بيضاء حبيبية وصفائح دموية. ويوجد بين حبال الطحال شعيرات جيبيه **sinusoids**.

3.3.5 الدورة الدموية

يتفرع شريان الطحال splenic artery عند دخوله النقيز إلى عدة شرايين حواجز trabecular arteries. وبعد خروج هذه الشرايين من الحواجز ودخولها لب الطحال تحاط بأغلفة من خلايا لمفاوية لتشكل الغمد اللمفاوي المحيط بالشرايين periarterial lymphatic sheath (PALS)، كما أشرنا إلى ذلك سابقا (شكل 16). وتسمى الشرايين الصادرة من الحواجز الشرايين المركزية central arteries أو شرايين اللب الأبيض white pulp arteries (شكل 16).

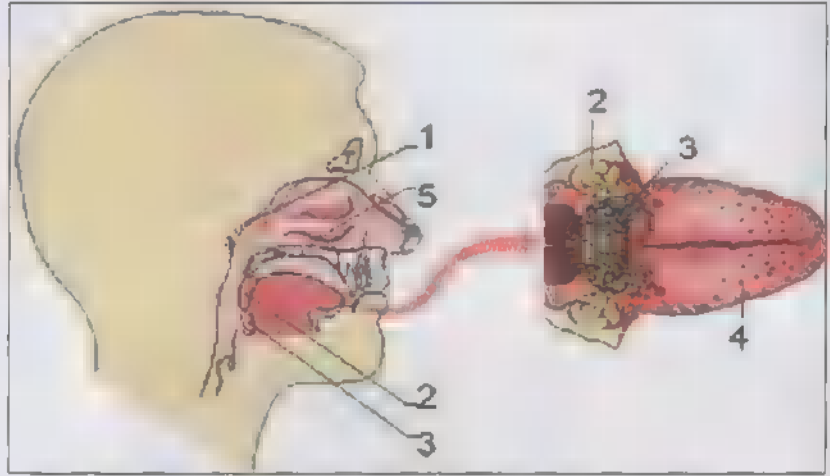
ينقسم الشريان المركزي بعد خروجه من العقدة اللمفاوية ليكون شريانات مخضلة penicillar arterioles يتقدم بعضها بخلايا شبكية ولمفاوية أكولة كبيرة. وبعد منطقة الغمد تستمر الأوعية المذكورة كشعيرات شريانية تحمل الدم إلى جيوب اللب الأحمر (شكل 16). ويعتقد بعض العلماء أن دوران الدم في الطحال يتم في دورة مغلقة closed circulation (شكل 16)، بينما يعتقد البعض الآخر بأن الدم يمر في الحيزات بين حبال اللب الأحمر ليتجمع بعد ذلك في الشعيرات الجيبية، وهذا يعني أن دم الطحال يدور عبر دورة مفتوحة open circulation (شكل 16). وينتقل الدم من جيوب الطحال إلى أوردة اللب الأحمر التي تتجمع وتصب في الحواجز لتكون أوردة حواجز trabecular veins (شكل 16)، تصب عند منطقة النقيز في وعاء كبير يدعى وريد الطحال splenic vein.



(شكل 16) رسم يبين دورة الدم في الطحال. PALS = الغمد اللمفاوي المحيط بالشريان المركزي: PWP =

اللب الأبيض المحيطي: S جيوب.

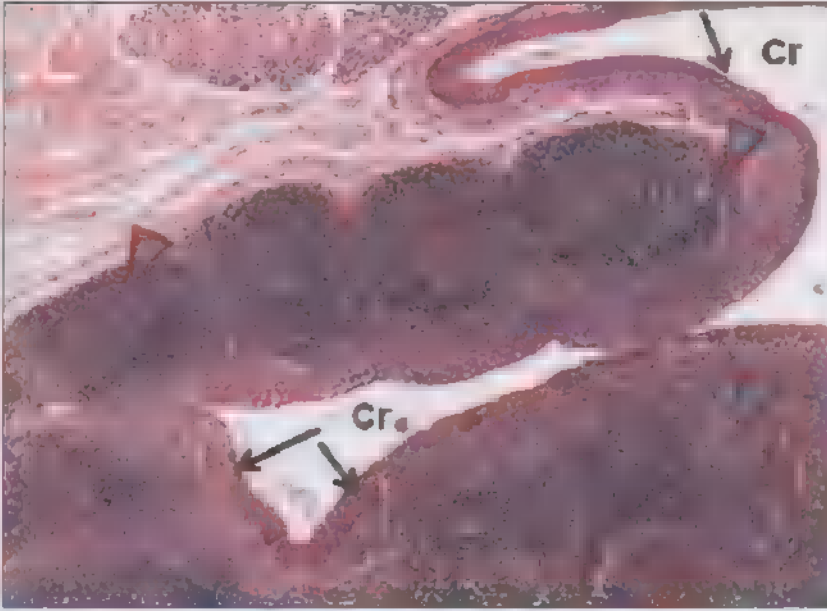
هذه أعضاء مكونة من تجمعات من الأنسجة اللمفاوية المحاطة جزئياً بكبسولات، وتقع تحت النسيج الطلائي للجزء الأمامي من الأنبوب الهضمي. واعتماداً على موقعها تكون اللوزات إما لسانية *lingual* (شكل 17) أو البلعومية *pharyngeal* أو الحنكية *palatine*. ويتم في هذه اللوزات تكوين الخلايا اللمفاوية التي ينفذ معظمها إلى النسيج الطلائي والمغطي للوزات الذي يتسم بالاعتمادات تدعى سراديب *crypts* (شكل 18)، التي قد تظهر كبقع متقبة عند التهاب اللوزات (شكل 19). ولبعض اللوزات كبسولات من نسيج ضام يحد من انتشار العدوى إذا ما أصيبت بالالتهاب. ويبين الجدول أدناه أنواع وخصائص اللوزات



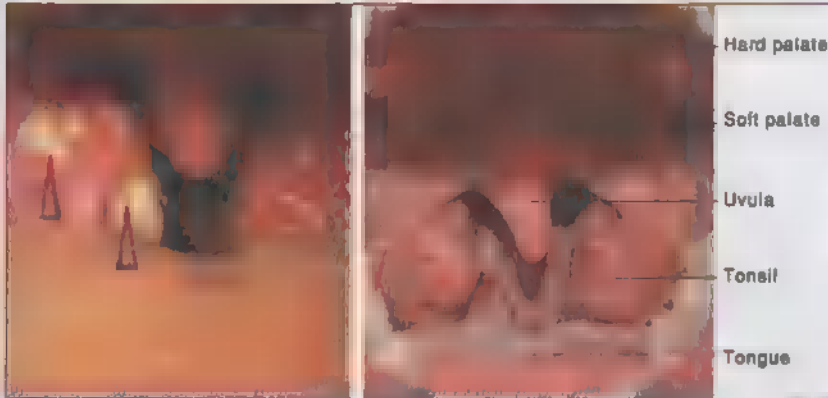
(شكل 17) رسم يبين مواقع اللوز، وتظهر اللوزة البلعومية (1) والحنكية (2) واللسانية (3) واللسان (4) إضافة إلى تجويف الأنف (5)

مقارنة بين أنواع اللوزات

النوع	الموقع	العدد	الكبسولة	النسيج الطلائي	النسيج اللمفاوي	السراديب
حنكية	في جانبي الجزء الفمي من البلعوم	2	كثيفة	حشفي طبقي غير متقن	يكون عقيدات لمفاوية ذات مراكز جرثومية	10-20 لكل لوزة
بلعومية	في الجزء العلوي الخلفي من البلعوم	1	نحيفة	طبقي كاذب ومهدب	منتشر وبشكل بعض العقيدات اللمفاوية	لا توجد
لسانية	عند قاعدة اللسان	كبير	لا توجد	حشفي طبقي غير متقن	يكون عقيدات لمفاوية	1 لكل لوزة



(شكل 18) صورة مجهرية ضوئية للوزة حنكية. لاحظ النسيج الطلائي الطبقي غير المتقرن (سهم) والعقيدات اللمفاوية (رأس سهم) ومراكزها الجرثومية (★) والمرداب (Cr)



(شكل 19) صورة للوزة حنكية طبيعية (يمين) وأخرى للوزة حنكية متقبة (أسهم، يمار)

الفصل العاشر

الجهاز الجلدي

Epithelial Tissues

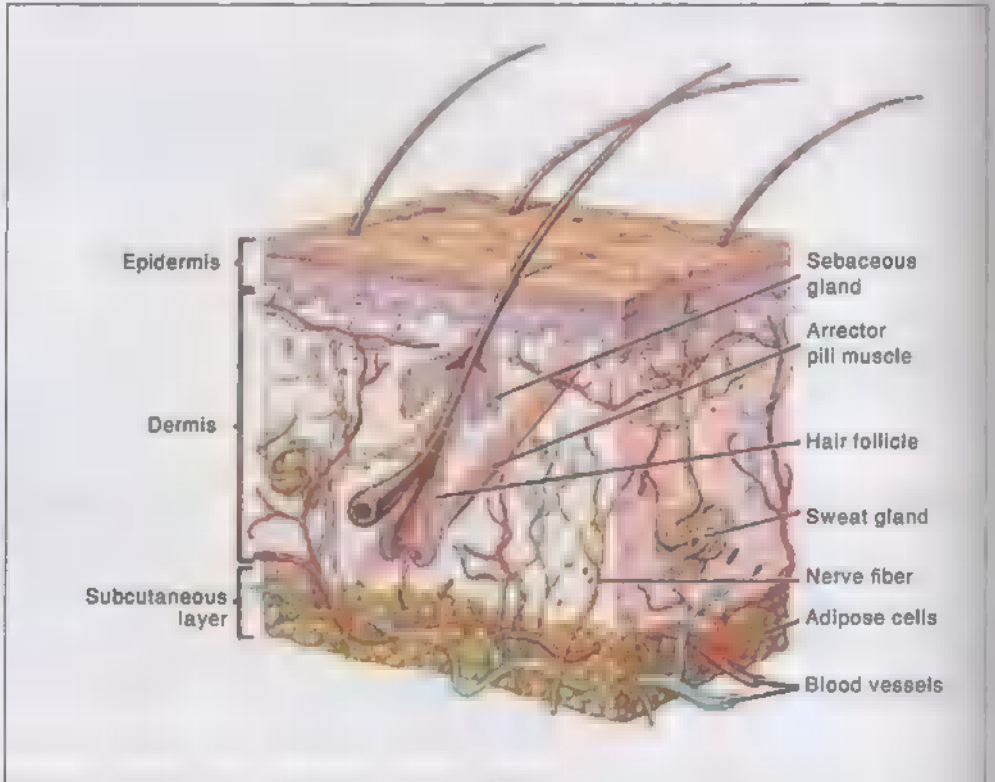
10

197.....	4. مشتقات الجلد	188.....	1. وظائف الجلد
202.....	5. أوعية وأعصاب الجلد	188.....	2. مكونات الجلد
		197.....	3. تحت الأدمة

يعتبر الجلد أكبر عضو في جسم الإنسان ويشكل حوالي 15% من وزنه. ويغطي الجلد مساحة تتراوح بين 1.2 و 2.3 متر مربع. ويتصل هذا العضو بالأغشية المخاطية التي تبطن فتحات الفم والأنف والعينين والأذنين، وكذلك الفتحات التناسلية والبولية والهضمية.

يتكون الجلد من طبقة خارجية تدعى البشرة *epidermis*، التي تشتق من الأدمة الخارجية للجنين، ومن طبقة وسطى تسمى الأدمة *dermis*، التي تنشأ من الأدمة الوسطى. وتقع الأدمة فوق منطقة من نسيج ضام رخو تدعى تحت الأدمة *hypodermis* أو تحت الجلد *subcutaneous* (الشكل 1). ولا تعتبر هذه المنطقة جزءاً من الجلد، لكنها هامة في ربطه مع محيطه من الأنسجة.

تشتق من الجلد عدة أعضاء، منها الشعر والغدد الثديية، والغدد الدهنية، والغدد العرقية، وأظافر. ويشكل الجلد مع هذه المشتقات الجهاز الجلدي. وفي هذا الفصل، سنعالج التركيب النسيجي للجلد ومشتقاته، بعد أن نبدأ بالإشارة إلى وظائفه.



(شكل 1) رسم يبين مكونات الجلد

1. وظائف الجلد

يقوم الجلد بعدة وظائف، أبرزها:

- أ. يشكل خط الدفاع الأول عن الجسم نظراً لأنه يتصل مباشرة بالبيئة الخارجية.
- ب. تشكل طبقاته الخارجية وسطاً غير نفاذ إلى حد كبير، وبالتالي فإنها تمنع فقدان الماء بالتبخر، وتساعد في تمكين الكائن الحي من العيش على اليابسة.
- ج. يحتوي على عدة تراكيب تتعامل مع المؤثرات الخارجية، مثل الحرارة والضغط واللمس والألم. وهذا ما سنتعرض له في فصل لاحق.
- د. تحتوي خلايا المنطقة السفلى من بشرة الجلد على مادة ميلانين melanin، التي توفر حماية من أشعة الشمس فوق البنفسجية.
- هـ. تساهم غده العرقية والأوعية الدموية والنسيج الدهني بالمحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم والتخلص من الفضلات الضارة.
- و. تساهم بعض خلاياه في تصنيع فيتامين "د" من بعض المواد الأولية، وذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

بعد استعراضنا لوظائف الجلد سندرس الآن تركيبه النسيجي. تجدر الإشارة هنا إلى أن هذا التركيب يختلف في جسم الإنسان من منطقة إلى أخرى، كما يتفاوت في نفس المنطقة من مرحلة عمرية لأخرى. كذلك، فإن سُمك الجلد يختلف من منطقة لأخرى. ففي الظهر يكون الجلد غليظاً ويبلغ سمكه حوالي 4 ملم، وفي جفن العين يكون الجلد رقيقاً ويبلغ سمكه حوالي 0.5 ملم.

2. مكونات الجلد

يتشكل الجلد من طبقة خارجية تسمى البشرة epidermis وأخرى داخلية تدعى الأدمة dermis (شكل 1).

1.2 البشرة Epidermis

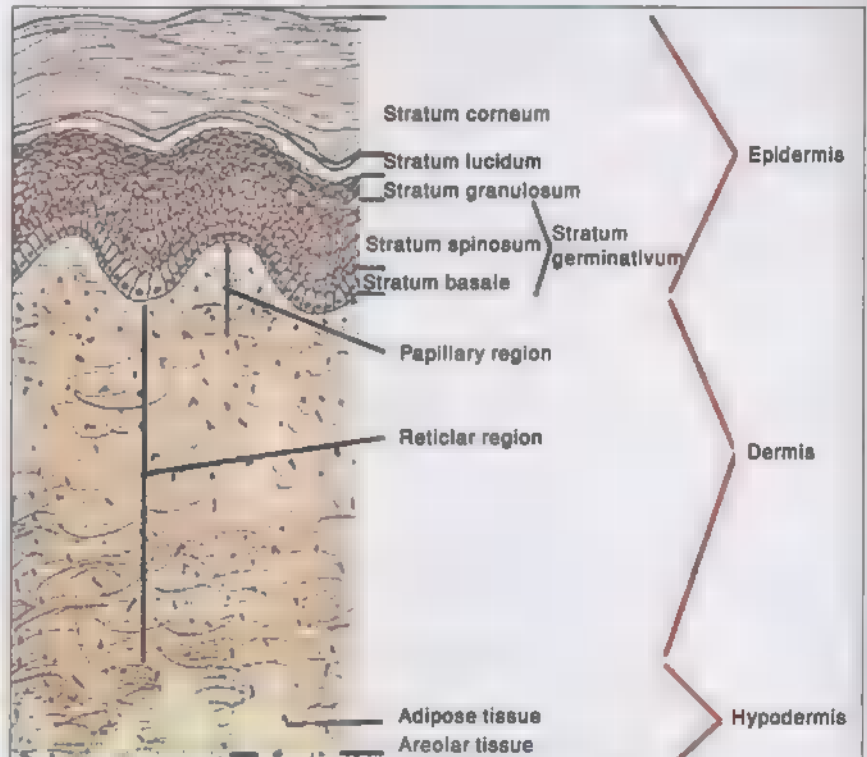
تتكون البشرة من نسيج طلائي طبقي حشفي متقرن stratified squamous keratinized epithelium، إضافة إلى ثلاثة أنواع من الخلايا، هي: خلايا ميلانين melanocytes، وخلايا لانجرهانس Langerhans cells، وخلايا مِرْكَل Merkel's cells. وتتشكل البشرة من خمس طبقات، هي من الداخل إلى الخارج: الطبقة القاعدية stratum basale والطبقة الشوكية stratum spinosum والطبقة الشفافة stratum lucidum والطبقة الحبيبية stratum granulosum والطبقة المتقرنة stratum corneum (شكل 2).

1.1.1 الطبقة القاعدية Stratum Basale

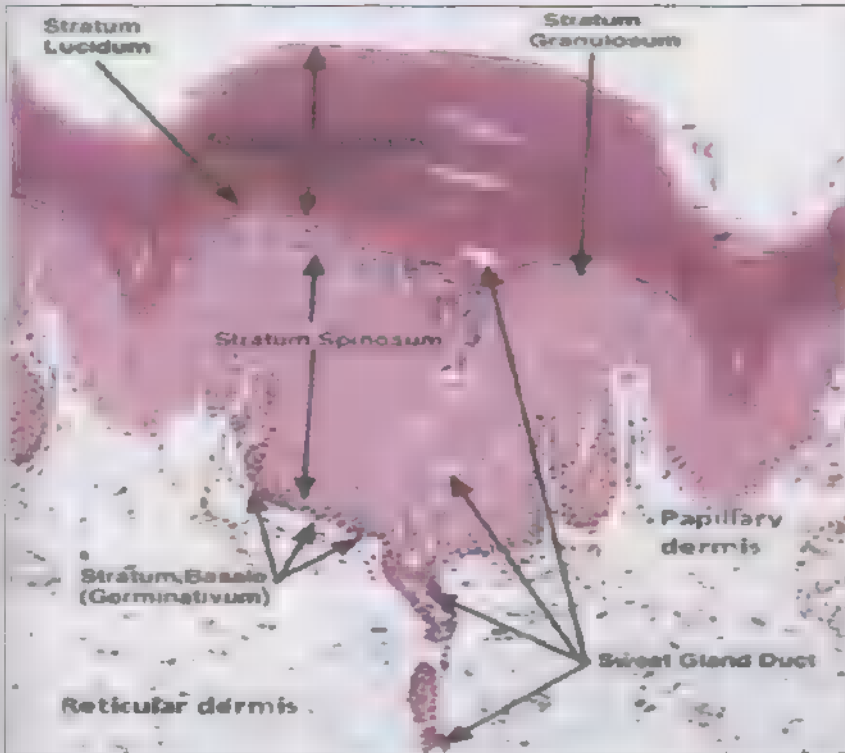
وتسمى أيضاً الطبقة الجرثومية *stratum germinativum*، وتتصف هذه الطبقة بالسماكة المتغيرة:

تتكون من صف واحد من الخلايا الطلائية المكعبة أو العمادية التي تتركز إلى صفيحة قاعدية تفصل البشرة عن الأدمة (شكل 3). وتتصل هذه الخلايا مع بعضها بواسطة أجسام رابطة *desmosomes*، كما تساهم أنصاف الأجسام الرابطة *hemidesmosomes* بربط الخلايا الطلائية مع الصفيحة القاعدية.

ب. تمر بمراحل انقسام خلوي نشط، ويساعد ذلك في تمويض ما يفقد من خلايا على سطح الجلد. وتتجدد الطبقة السطحية في بشرة الإنسان كل 15-30 يوماً، اعتماداً على سن الشخص، ومدى تعرض جلده للاحتكاك.



(شكل 2) رسم يبين مكونات الطبقتين الخارجية والداخلية من الجلد

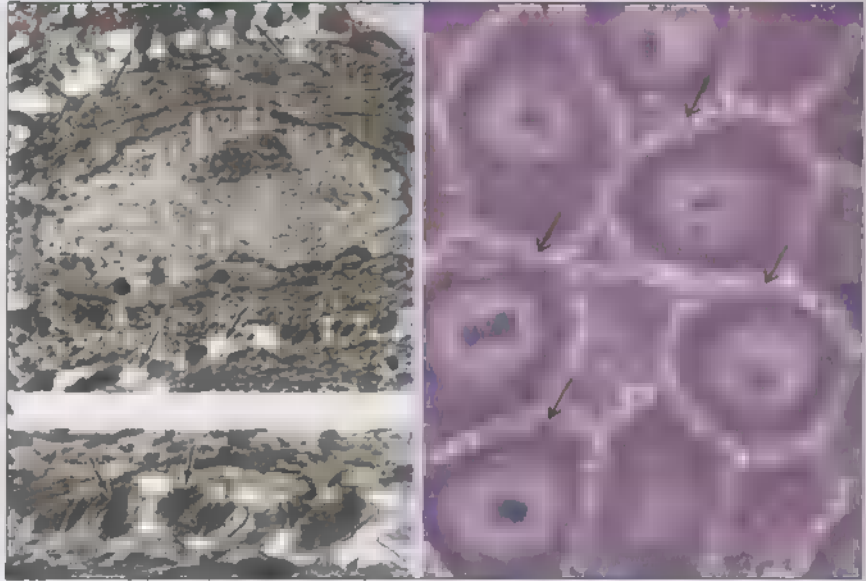


(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في الجلد

2.1.2 الطبقة الشوكية Stratum Spinosum

تتشكل هذه الطبقة من عدة صفوف من الخلايا التي تتفاوت في شكلها من حُرشي إلى مكعب وأبرز سمات هذه الخلايا هي:
أ. لها نوى مركزية.

ب. لها عدة بروزات سيتوبلازمية تعطي مظهراً شوكياً تحت المجهر الضوئي. وتحتوي نهايات البروزات حزمًا من الخييطات الدقيقة وتتصل تلك النهايات بأجسام رابطة (شكل 4). وتحتوي الخييطات المقوية tonofilaments بدرو أساسي في تماسك الخلايا ومقاومتها للاحتكاك ودلالة على ذلك نجد أن مناطق الجلد التي تتعرض لاحتكاك كثير، مثل باطن القدم، طبقات شوكية تحتوي خلاياها حزمًا كثيرة من الخييطات المقوية والأجسام الرابطة.



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية تبين جزءاً من الطبقة الشوكية. لاحظ البروزات السيتوبلازمية بين الخلايا (أسهم، يمين) وصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية من الطبقة الشوكية تبين الأجسام الرابطة والخيطيات المقوية (أسهم، يسار فوق وتحت)

3. الطبقة الحبيبية Stratum Granulosum

تتضمن عدة خصائص أبرزها:

- تحتظم خلاياها متعددة الأضلاع في 3-5 صفوف (شكل 3) ولهذه الخلايا نوى مركزية.
- يحتوي سيتوبلازم الخلايا على حبيبات خشنة قاعدية تدعى الحبيبات المتقرنة الشفافة keratohyalin granules، وتبين الدراسات أن هذه الحبيبات غير محاطة بأغشية وتحتوي بروتينات غنية بهستيدين histidine مفسفر، إضافة إلى بروتينات تحتوي كميات وافرة من cystine. ويعزى ميل الحبيبات المذكورة للصبغات القاعدية إلى كثرة مجموعات الفوسفات في تلك البروتينات.
- تحتوي الخلايا حبيبات صفائحية lamellar granules، تأخذ شكلاً بيضاوياً أو عصوياً. ويتراوح طولها بين 0.1-0.3 μm ، تحاط هذه الحبيبات بأغشية، وتحتوي أقراصاً دقيقة تتكون من طبقات ثنائية من الدهون. وتندمج الحبيبات مع أغشية خلايا هذه الطبقة وتطلق محتواها في الحيز بين الخلايا حيث تكوّن صفائح دهنية. ويعتقد أن هذه المادة المطروحة تعمل كحاجز محكم يمنع اختراق مواد غريبة للجلد. كذلك تبين الدراسات المتعلقة بالتطور أن هذه الطبقة تكونت أولاً في الزواحف، كتأقلم مع العيش على اليابسة.

4.1.2 الطبقة الصافية Stratum Lucidum

تظهر هذه الطبقة بوضوح في الجلد الغليظ (شكل 2، 3) وتتصف بالتالي:
أ. تتكون من خلايا رقيقة جداً، تتصل مع بعضها بواسطة أجسام رابطة.

ب. لا تظهر في الخلايا أية نوى أو عضيات أخرى، ويحتوي سيتوبلازمها خيوطات كراتين متراحة.

5.1.2 الطبقة المتقرنة Stratum Corneum

أهم سمات هذه الطبقة هي (شكل 2، 3):

أ. تتألف من 15-20 صفاً من الخلايا المتقرنة.

ب. تفقد الخلايا نواها، ويمتلئ سيتوبلازمها بالبروتين الخيطي الصلب كراتين keratin. لا تحتوي ست سلاسل بيبتيدي مختلفة.

ج. بعد تقرنها، تتشكل الخلايا من بروتينات خيطية، وتدعى عندئذ الخلايا المتقرنة corny وللوصول إلى هذه المرحلة، تفقد الخلايا عضياتها بواسطة إنزيمات الأجسام الحالة.

د. تنتهك خلاياها باستمرار، ويستعاض عن الخلايا المتساقطة بأخرى وليدة تشكلت في الطبقة القاعدية.

ينطبق الوصف السابق للبشرة في الجلد الغليظ. وفي الجلد الرقيق تكون الطبقتان الحبيبتان والصافية أقل نمواً من الطبقات الأخرى، وتكون الطبقة المتقرنة نحيفة، ونظراً لتساقطها المستمر فإنها تتجدد كل 15-30 يوماً. وفي المرض الجلدي المسمى صُداف psoriasis، يتسارع انقراض الخلايا في الطبقتين القاعدية والشوكية، وتنقص فترة دورة الانقسام، ويتأتى عن ذلك زيادة سمك البشرة، التي تتجدد كل أسبوع بدلاً من كل أسبوعين إلى أربعة أسابيع.

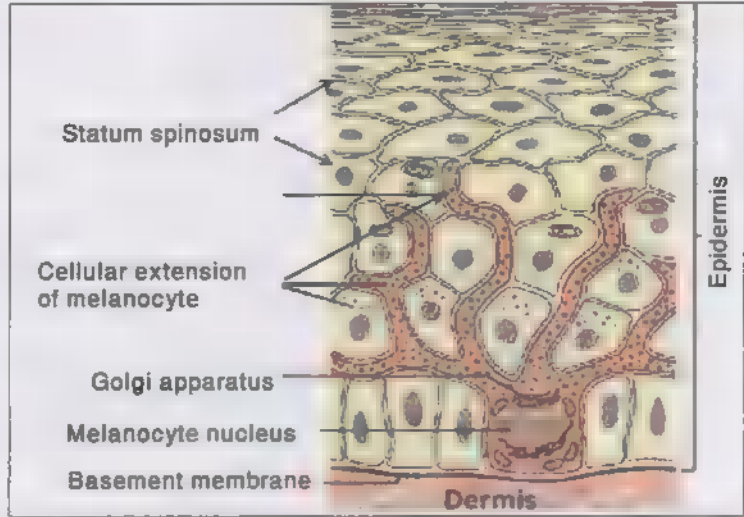
6.1.2 الخلايا الأخرى في البشرة

بعد استعراضنا للطبقات المكونة لبشرة الجلد نعالج الآن أنواع الخلايا الموجودة في البشرة.

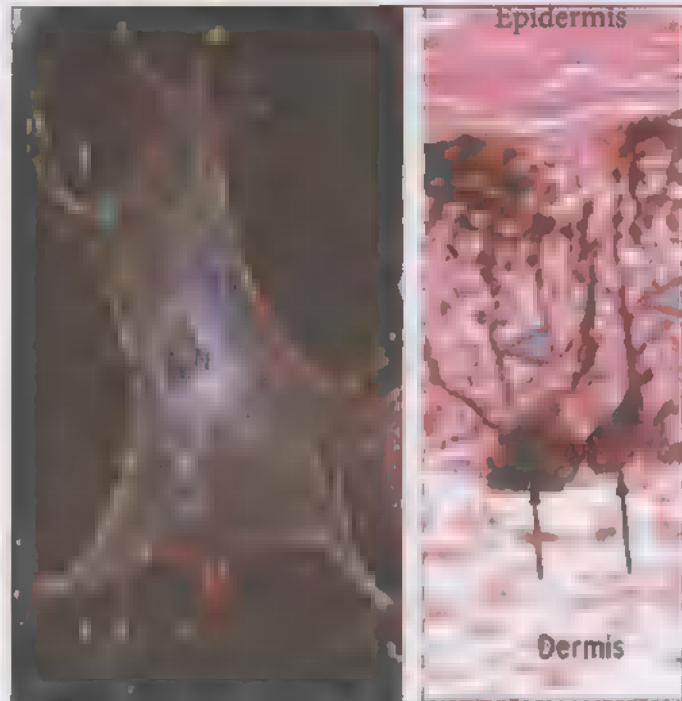
أ. خلايا ميلانين Melanocytes

تنشأ هذه الخلايا من الأعراف العصبية neural crests الجنينية، ولهذه الخلايا صفات أبرزها:

1. لها أجسام كروية الشكل تمتد منها بروزات طويلة تتفرع وتمتد داخل الطبقتين القاعدية والشوكية. وتنتهي البروزات المذكورة في انغمادات داخل الطبقتين المشار إليهما (شكل 5، 6).
2. تحتوي عدة ميتوكوندريا، ومركب جولجي نام، وشبكة اندوبلازمية وافرة (شكل 5، 7). وكذلك توجد خيوطات متوسطة، وحبيبات ميلانين melanin.
3. ترتبط بالصفيحة القاعدية بواسطة أنصاف أجسام رابطة hemidesmosomes.



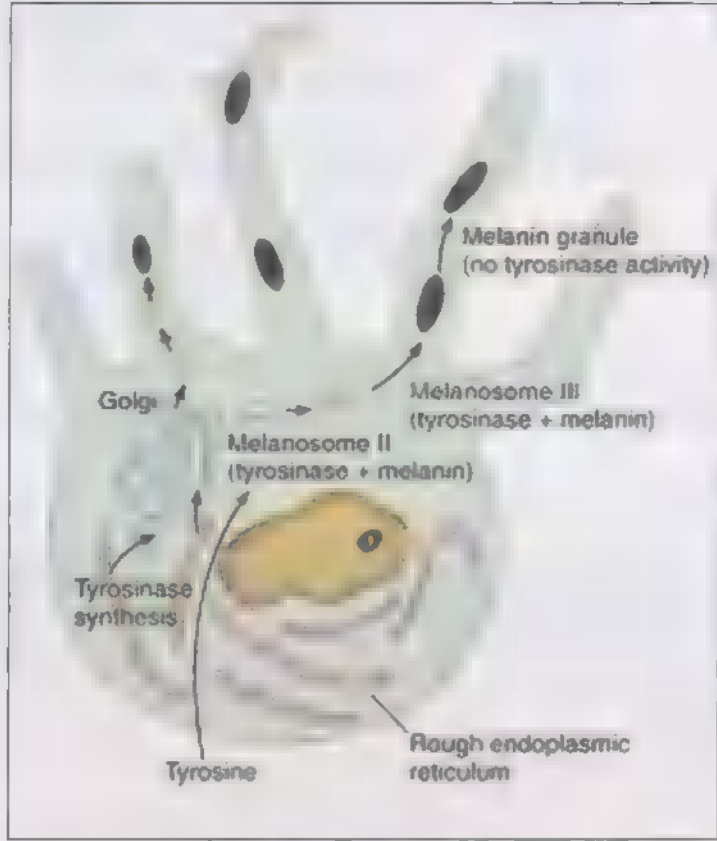
(شكل 5) رسم يبين خلية ميلانين. لاحظ جسم الخلية في الطبقة القاعدية وأذرعها الممتدة بين خلايا الطبقة الشوكية



(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لخلية ميلانين (يمين). لاحظ جسم الخلية (سهم) في الطبقة القاعدية وأذرعها الممتدة بين خلايا الطبقة الشوكية (رأس سهم). إلى يسار الشكل تظهر صورة لخلية ميلانين كما تبدو في المجهر الفلوري. لاحظ نواتها (N) وأذرع الخلية وحبيبات ميلانين باللون الأخضر

تكمُن أهمية مادة ميلانين في أنها تشكل، مع مادة كاروتين **carotene** وعدد من الأوعية الدموية في الأدمة، أساساً لتحديد لون الجلد. ولأهمية تكوين مادة ميلانين فإننا نبين مراحل تصنيعها (شكل 7):

- يصنع إنزيم **تايروسيناز tyrosinase** على أسطح الريبوسومات ثم ينتقل إلى داخل الشبكة الإندوبلازمية الخشنة في خلايا الميلانين، حيث يتجمع في حوصلات مركب جولجي (شكل 7).
- يحوّل إنزيم **تايروسيناز** الحمض الأميني **تايروسين tyrosine**، إلى مادة 3,4 **دوبا كينون dopaquinone**، والتي تتحول بعد عدة تفاعلات إلى ميلانين محوّل في جسم جولجي.
- تأخذ مادة الميلانين هيئة حبيبة بيضاوية تظهر في داخلها خيوطات دقيقة متوازية ذات تخطيطات مستعرضة.
- يزداد تصنيع الميلانين ويملأ الحويصلة كلياً وتختفي التخطيطات المستعرضة وتنفصل الحوصلات عن جسم جولجي.
- تتحرك حبيبات الميلانين داخل بروزات الخلايا ثم تنتقل إلى خلايا الطبقتين القاعدية والشوكية، كما تحقن حبيبات ميلانين مباشرة في الخلايا المتقرنة **keratinocytes** ويتجمع ميلانين فوق نواها بحيث يحمي الخلايا المنقسمة في الطبقات الدنيا من التأثيرات الضارة لأشعة الشمس.
- تجدر الإشارة إلى أن مرض **المهق albinism** يعود إلى عدم وفرة إنزيم **تايروسيناز tyrosinase** أو عدم قدرة خلايا الميلانين في أخذ الحمض الأميني **تايروسين**. ونتيجة ذلك يتضرر الجلد بسبب عدم حمايته من أشعة الشمس، ويؤدي ذلك إلى الإصابة بسرطان الطبقة السفلى من البشرة.



(شكل 7) مراحل تصنيع حبيبات ميلانين

ب. خلايا مركل Merkel's Cells

تشكل هذه الخلايا التي توجد في راحة اليد وباطن القدم مستقبلات ميكانيكية **mechanoreceptors**. حيث توجد عند قواعد نهايات عصبية حرة، ويحتوي سيتوبلازمها حزاماً من الخيوط الدقيقة حول محيط النواة وحببيبات صغيرة وكثيفة محاطة بغشاء.

ج. خلايا لانجرهانس Langerhans Cells

هذه خلايا نجمية الشكل توجد بكثافة في الطبقة الشوكية. وتشكل نسبة تتراوح بين 2-8% من خلايا البشرة. ويعتقد أن لهذه الخلايا دور في الدفاع عن الجلد، إذ أنها تعمل كخلايا أكولة كبيرة تستطيع التقاط مولدات الضد وتقديمها للخلايا اللمفاوية التائية (T).

2.2 الأدمة Dermis

تتألف الأدمة من نسيج ضام يدعم البشرة ويربطها مع النسيج الواقع تحتها. ويتفاوت سمك الأدمة من منطقة لأخرى، ويتراوح بين 4-5 ملم في الظهر.

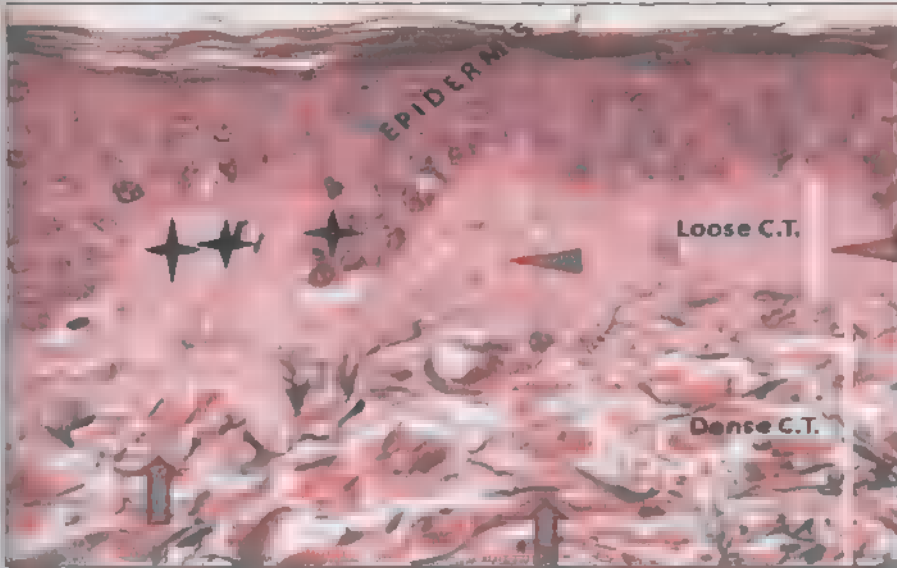
1.2.2 صفات الأدمة

أ. تقع تحت البشرة وتتفصل عنها بصفيحة قاعدية.

ب. سطحها غير مستوٍ، وله عدة نتوءات تسمى **dermal papillae** الأدمة التي تتشابه مع نتوءات مقابلة من البشرة تدعى **epidermal ridges** (شكل 2، 3، 8) التي تظهر في الجلد الذي يتعرض لضغوط متواصلة، حيث إن هذه الحلمات والحواف تبرز ترابط الأدمة بالبشرة. وإذا حدث أي خلل في هذا الترابط ينشأ مرض الفقار **bullus pemphigoid**.

ج. تحتوي شبكة غنية من الشعيرات الدموية في الطبقة العليا (الحلمية)، وبذلك فإنها تحيط بحواف البشرة، ويؤدي ذلك إلى ضبط حرارة الجسم وتغذية البشرة التي لا تحتوي أوعية دموية.

د. تحتوي غددًا عرقية وغددًا دهنية وجريبات شعر ونهايات عصبية (شكل 1، 2).



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات الأدمة. لاحظ النسيج الضام الطري في الطبقة الحلمية (رأس سهم) والنسيج الضام الكثيف في الطبقة الشبكية (سهم). كذلك لاحظ حد البشرة (نجمة) وحلقة الأدمة (نجمتان)

هـ. فيها كريات ما يزنر **Meissner's corpuscles** التي تتحسس اللمس البسيط وكريات باسيني **Paccinian corpuscles** التي تستشعر الضغط العالي الذي يتعرض له الجلد (شكل 9). كذلك تحتوي الأدمة عضو **Ruffini's organ** الذي يتكون من زوائد شجرية متفرعة يعتقد أنها تستشعر الحرارة التي يتعرض لها الجلد، كما تحتوي الأدمة نهايات بصيلات كراوس **end bulbs of Kraus** التي قد تعمل كمستقبلات للبرودة.

يتقدم السن تتعرض الأدمة لتغيرات نسيجية، فيتناقص تصنيع ألياف كولاجين ويزداد تصنيع ألياف المرنة، بحيث يصبح محتوى الجلد من البروتين المرين **elastin** عند البلوغ خمسة أضعاف محتواه في الجنين قبل الولادة. وفي الإنسان الهرم، تتناقص الألياف المرنة ثم تلتف تدريجياً، بينما تزداد الروابط المستمرة بين ألياف كولاجين. ويؤدي ذلك إلى هشاشة الجلد مع تقدم مرونته وكثرة تجاعيده.

2.2.2 مكونات الأدمة

تتكون الأدمة من طبقتين، هما: **الطبقة الحليمية papillary layer**، وهي خارجية والطبقة الشبكية **reticular layer**، وهي داخلية (شكل 2، 3).

أ. **الطبقة الحليمية**، هذه طبقة رقيقة تتكون من نسيج ضام رخو loose CT (شكل 8) يحتوي خلايا ليفية وصارية، إضافة إلى خلايا دم بيضاء وخلايا أكولة كثيرة. وسميت هذه الطبقة بهذا الاسم لأنها تتشكل من حلقات الأدمة التي أشرنا إليها آنفاً. وتمتد من هذه الطبقة ليفيات كولاجين التي تلج في الصفيحة القاعدية، وتساهم هذه الليفات في ربط طبقتي الجلد مع بعضهما، ولذلك فهي تسمى **الليفات المثبتة anchoring fibrils**.

ب. **الطبقة الشبكية**، تتألف هذه الطبقة الغليظة من نسيج ضام كثيف غير منتظم dense irregular CT، يتصف بوفرة ألياف كولاجين وقلة الخلايا الليفية (شكل 8). كذلك، تحتوي هذه الطبقة شبكة من ألياف الاستين المسؤولة عن مرونة الجلد. وتمتد من هذه الطبقة ألياف كولاجين باتجاه الصفيحة القاعدية.

3. تحت الأدمة Hypodermis

تتشكل هذه الطبقة من نسيج ضام رخو، وتعمل على ربط الجلد مع الأعضاء المجاورة بحيث يمكن للجلد أن ينزلق فوقها. وهذه الطبقة غنية بالنسيج الدهني (شكل 1، 2)، الذي يختلف في حجم وعدد خلاياه من منطقة لأخرى في الجسم.

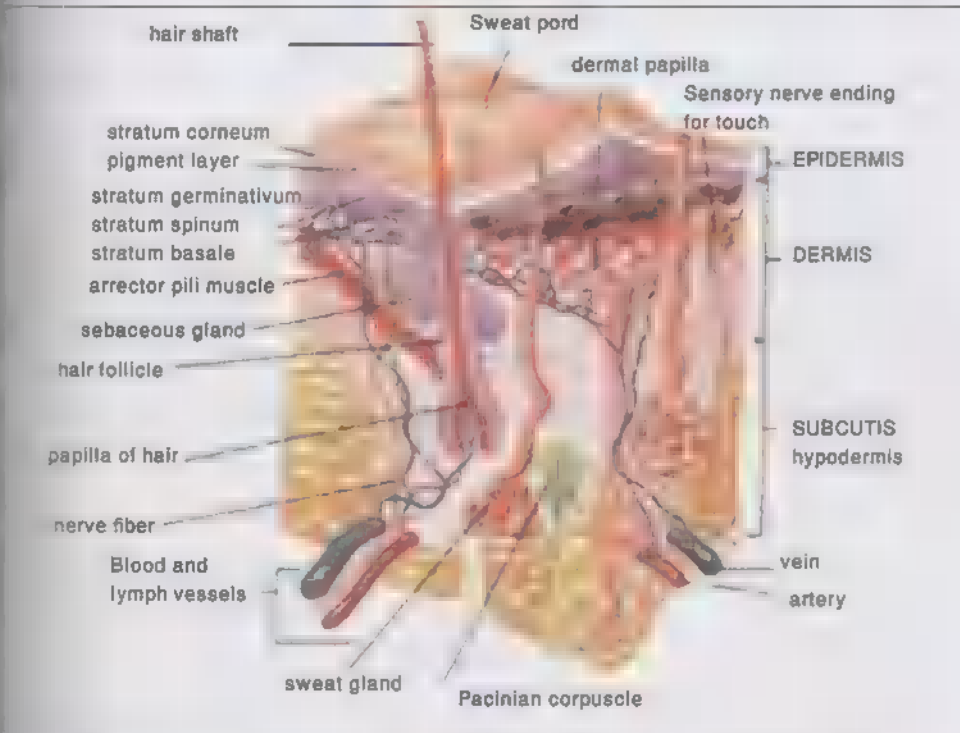
4. مشتقات الجلد Skin Derivatives

4.1 الشعر Hair

يشق الشعر من أنشاءات داخلية من بشرة الجلد. ويختلف الشعر في لونه وحجمه وتوزيعه باختلاف العرق والجنس ومنطقة الجسم. ويغطي الشعر جميع مناطق الجسم باستثناء راحة اليدين وأخمص القدمين، والشفاه والبظر clitoris وحشفة القضيب glans penis.

تنشأ كل شعرة من أنشاء بشرة الجلد لتكوّن فيما بعد جريب الشعرة hair follicle، الذي تنشأ من نهايته منطقة متسعة تدعى **بصلة الشعر hair bulb** (شكل 1، 9). وعند قاعدة هذه البصلة توجد **حلمة أدمة dermal papilla** تحتوي شبكة شعيرات دموية تزود الشعرة بأسباب الحياة.

وإذا حدث خلل في تزود الحلمة بالدم فإن جريب الشعرة يموت. وتشكل خلايا البشرة التي تحيط بهذه الحلمة جذر الشعرة الذي يكون فيما بعد جسم الشعرة **hair shaft** (شكل 9.1). تتقسم خلايا بصلة الشعرة، وهي مماثلة لخلايا الطبقة القاعدية لبشرة الجلد، وتتكون عدة أنواع خلوية. فبالخلايا التي تقع في مركز جذر الشعرة عند قمة الحلمة تنمايز إلى خلايا فجوية كبيرة ومتقرنة جزئياً لتكون اللب **medulla** (شكل 10)، بينما تنمايز الخلايا المحيطة بمركز الجذر إلى خلايا مغزلية مكتنزة كثيرة التقرن، لتشكل قشرة الشعرة **hair cortex** (شكل 10).



(شكل 9) رسم يبين الجلد وجريب الشعرة والعضلة الناصبة والغدد الدهنية والعرقية

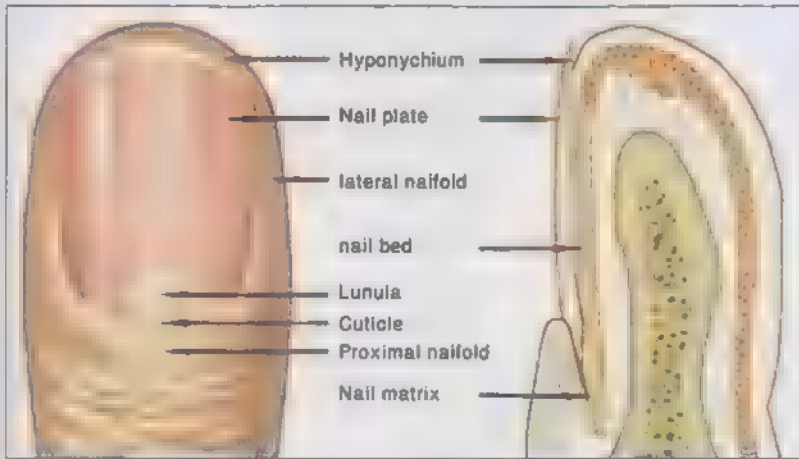
وأما الخلايا المحيطة بالقشرة فتكون جليدة الشعيرة **hair cuticle** وتشكل الخلايا الخارجية للبصلة الغمد الداخلي للجذر **internal root sheath** الذي يحيط بالجزء السفلي من جسم الشعرة (شكل 10). وتجدر الإشارة إلى أن خلايا هذا الغمد، تختفي من حول البصلة عند مستوى الغدد الدهنية المرتبطة بالشعرة.

ويوجد حول الغمد المذكور الغمد الخارجي للجذر **external root sheath** الذي يتصل بخلايا البشرة. وبالقرب من سطح الجلد تظهر في هذا الغمد جميع طبقات البشرة. بينما يكون الغمد المذكور نحيفاً حول بصلة الشعرة، بحيث يتألف من خلايا الطبقة القاعدية فقط (شكل 10).

الطبقة المتقرنة، وترتكز هذه الصفيحة على طبقة تدعى سرير الظفر **nail bed**، الذي يتنكس من الطبقتين القاعدية والشوكية (شكل 10). وينفصل جسم الظفر عن سرير ليتمدد إلى الأمام ويكون هليل الظفر **lunula**، وهو الجزء الهلالي غير الشفاف من الظفر.

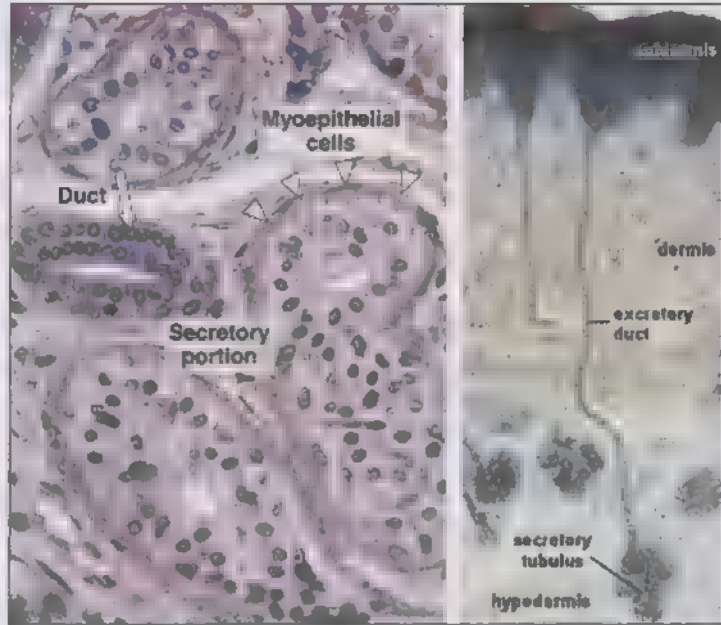
3.4 الغدد العرقية Sweat Glands

تنتشر الغدد العرقية في جميع أنحاء الجسم، باستثناء بعض المناطق مثل حشفة القضيب **glans penis**، وتمثل هذه الغدد تراكيب أنبوبية ملتوية تتكون من جزء إفرازي يوجد في الجلد، وقناة تمتد من ذلك الجزء لتصل سطح الجلد. وتبطّن هذه القناة بنسيج طلائي طبقي مكعب (شكل 8، 12). ويتكون الجزء الإفرازي للغدة العرقية من نسيج طلائي طبقي كاذب، له قطر حوالي $0.4 \mu m$ ويحاط بخلايا طلائية إنقباضية **myoepithelial cells** (شكل 12) تدفع العرق إلى الخارج.



(شكل 11) رسم يبين مكونات الظفر بمنظر فوقي (يسار) ومقطع طولوي (يمين).

يحتوي الجزء الإفرازي نوعين من الخلايا هما: الخلايا الداكنة **dark cells** والخلايا الفاتحة **clear cells**. الخلايا الداكنة هرمية الشكل تبطّن معظم سطح الغدد المطل على التجويف. ويحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا عدة ميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية خشنة، وعدة ريبوسومات حرة إضافة إلى مركب جولجي نام. وتوجد في رؤوس هذه الخلايا حبيبات إفرازية تحتوي كميات صغيرة من بروتينات كربوهيدراتية. أما الخلايا الفاتحة فإنها تقع عند المحيط الخارجي للغدة العرقية وهي خالية من الحبيبات الإفرازية، ولكنها تحتوي كميات كبيرة من الجلايكوجين. وتمتاز الأغشية القاعدية لهذه الخلايا بعدة إنغمادات تدل على نشاط تلك الخلايا في امتصاص الأملاح وبقية السوائل. ويتكون العرق من ماء وأملاح الصوديوم واليوريا والأمونيا وحمض اليوريك. ويسبب تبخر العرق بعد إطلاقه فإنه يعمل على تبريد سطح الجلد.



(شكل 12) صورة مجهرية ضوئية لقطع في الجلد بين الغدة العرقية (يمين) وصورة مجهرية ضوئية مكبرة للجزء الإفرازي من الغدة العرقية ومحيطها من خلايا عضلية ثلاثية (يسار)

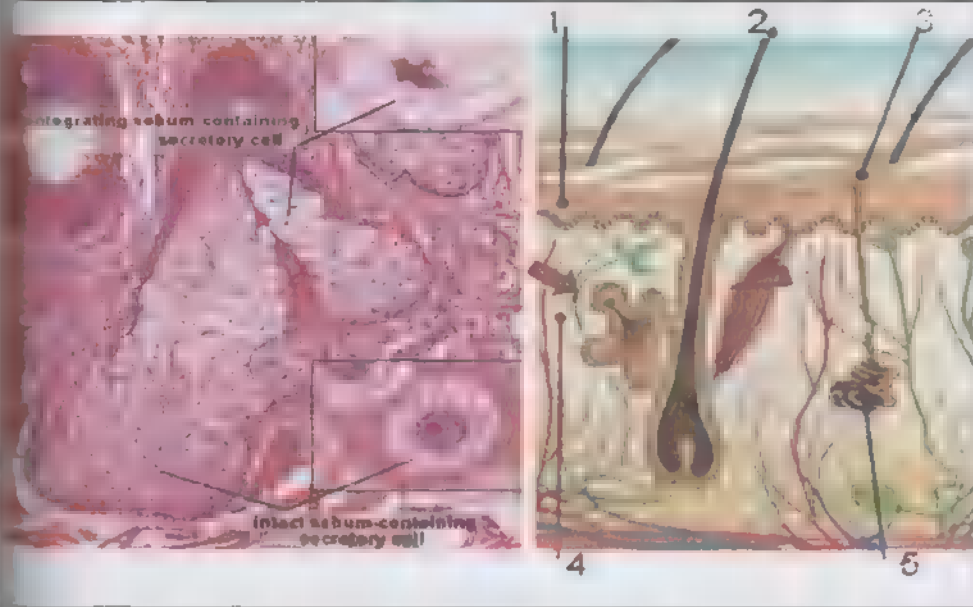
الجدير بالذكر أن جلد الإنسان يحتوي غداً عرقية رأسية الإهرارز **apocrine glands** توجد في مناطق الإبط والشرج وهالة الثدي. ويبلغ قطر هذه الغدد حوالي 3-5 ملم. يوجد الجزء الإفرازي لهذه الغدد في النسيج تحت الجلدي، وتصب قنواتها في جريبات الشعر. كذلك، تفرز هذه الغدد مادة لزجة عديمة الرائحة، وقد يكون لهذه المادة رائحة خاصة نتيجة نشاط بكتيري في المناطق المذكورة. وتعصب الغدد المذكورة بأعصاب تحمل أدرنالين **adrenaline**، بخلاف الغدد العرقية العادية التي تعصب بأعصاب تحمل أستيل كولين **acetylcholine**.

4.4 الغدد الدهنية **Sebaceous Glands**

توجد هذه الغدد في أدمة الجلد، ولا توجد في الجلد الأجرد لراحة اليد وباطن القدم. ولهذه الغدد عدة وحدات عنيبية **acini** الشكل تصب في قناة قصيرة تصب بدورها في الجزء العلوي من جريب الشعرة (شكل 1، 9). وفي مناطق أخرى، مثل الشفة والبظر **clitoris** وحشفة القضيب **glans penis**، تصب قناة الغدد الدهنية مباشرة على سطح البشرة.

تتكون عنيبات الغدد الدهنية من خلايا مسطحة غير متميزة تتركز على صفيحة قاعدية (شكل 13). وتتولد هذه الخلايا ثم تتمايز، وتطلق مادة دهنية في تجويف كل عنيبة. وفي الواقع، فإن هذه المادة الدهنية تطلق داخل كتل خلوية، وفي مرحلة لاحقة تنفجر الخلايا المحتوية للمادة الدهنية وتطلق مادة الزهم **sebum** التي تنقل إلى سطح الجلد. ويعتقد أن لهذه المادة تأثير ضئيل

ضد البكتيريا والفطريات. ومن حيث طبيعتها الكيميائية، فإن مادة الزهم عبارة عن خليط من الدهون والشموع والكوليسترول.



(شكل 13) رسم يبين بمقطع عرضي مكونات الجلد (يمين)، وتظهر البشرة (1) وقصبة الشعرة (2) وفتحة قناة العرق (3) والأدمة (4) والغدة العرقية (5) والغدة الدهنية (سهم) والمضلة الناصية (رأس سهم)، وصورة بالمجهر الضوئي لغدة دهنية (يسار). لاحظ الغنبيات التي تحاط من الخارج بخلايا مسطحة تتحول إلى خلايا ممتلئة بالدهون في وسط كل وحدة غنبية.

تبدأ الغدة الدهنية العمل عند البلوغ ويقع إفرازها تحت تأثير هرمون تستوسترون testosterone في الذكور وتحت تأثير هرمونات من المبيض والغدة الكظرية في الإناث. ويعتبر الخلل في تكوين وإفراز الزهم سبباً لظهور حب الشباب acne.

5. أوعية وأعصاب الجلد Vessels and Nerves of the Skin

تشكل الشرايين التي تغذي الجلد من ضفيريّتين plexues، توجد إحداها بين الطبقتين الحثيية والشبكية للأدمة بينما تقع الثانية بين الأدمة والنسيج تحت الجلد (شكل 9.1). وتخرج من هاتين الضفيريّتين فروع دقيقة إلى حلقات الأدمة. أما الأوردة فتتنظم في ثلاث ضفائر. وتوجد في الجلد اتصالات شريانية وريدية arteriovenous anastomosis عديدة. كما توجد في حلقات الأدمة أوعية لمفاوية تندمج لتكون ضفيريّتين كما في الشرايين التي أشرنا إليها. ومن وظائف شبكة الأوعية الدموية في الجلد المساهمة في ضبط الحرارة. ففي الأيام الباردة يمر الدم من الشرايين إلى الأوردة مباشرة، دون العبور في الشعيرات للمحافظة على حرارة الجسم. أما في الأيام الحارة، فيمر الدم في الشعيرات التي تكون متسعة كي تسمح بفقدان بعض الحرارة. وتعد أطراف الأصابع والأذنين والوجه مناطق تلاحظ فيها تلك الظاهرة بوضوح.

الفصل الحادي عشر

الأنبوب الهضمي

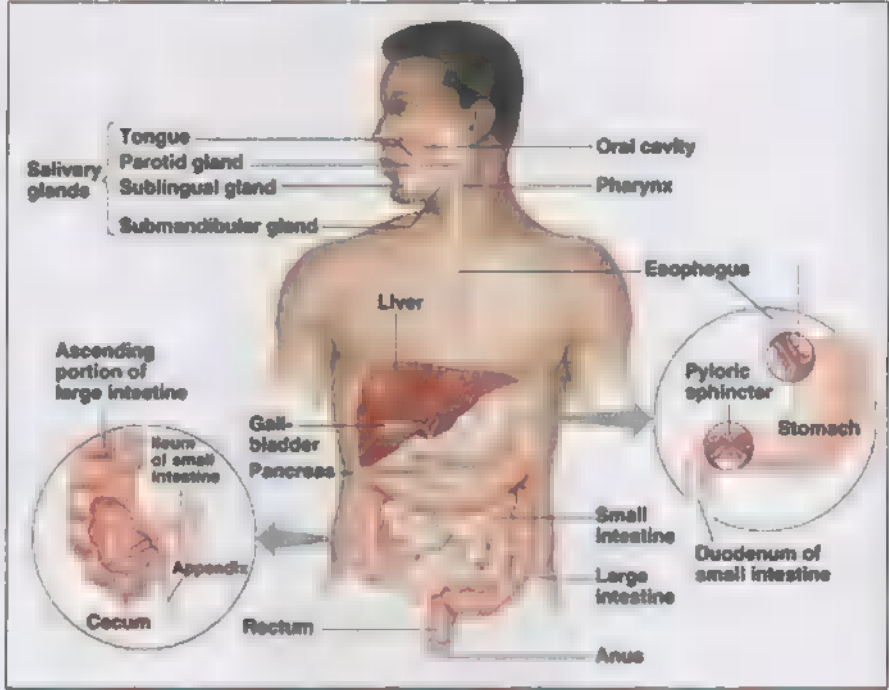
The Digestive Tract

11

- 221..... 5. الأمعاء الدقيقة
- 230..... 6. الأمعاء الفليضة
- 232..... 7. الزائدة الدودية
- 233..... 8. تجدد بطانة الأنبوب الهضمي

- 206..... 1. تجويف الفم
- 213..... 2. جدار الأنبوب الهضمي
- 215..... 3. المريء
- 216..... 4. المعدة

يتشكل الجهاز الهضمي من أنبوب هضمي يشمل تجويف الفم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة والمستقيم والشرج، إضافة إلى أعضاء ملحقة تضم الكبد والبنكرياس والمرارة والغدد اللعابية (شكل 1). وتتمثل مهمة هذا الجهاز في تمكين المواد الغذائية المبلعمة إلى وحدات أصغر يمكن امتصاصها وإيصالها إلى الجهاز الدوري كي تتوزع إلى جميع أنحاء الجسم.

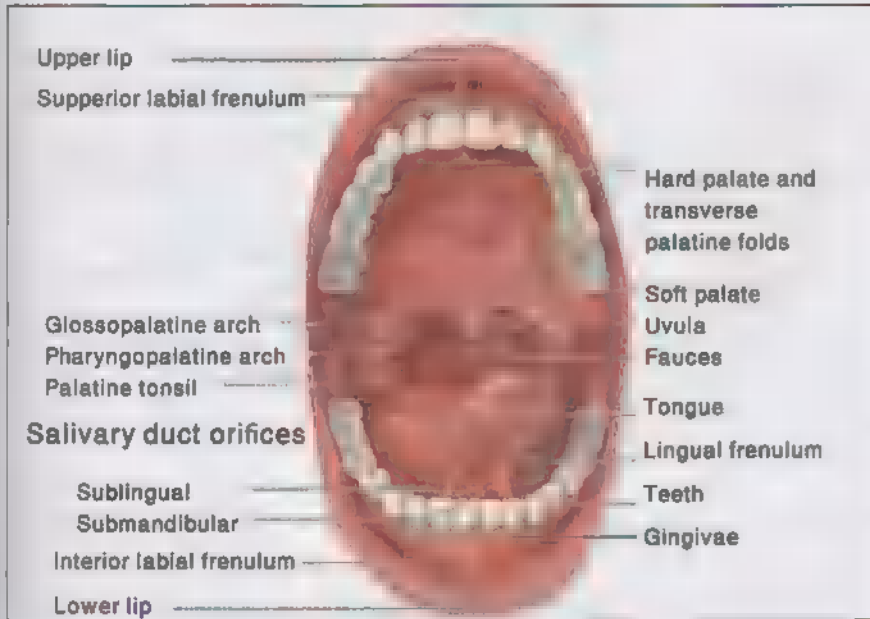


(شكل 1) مكونات الجهاز الهضمي

يكون الهضم إما ميكانيكياً أو كيميائياً، ويبدأ الهضم الميكانيكي في الفم، حيث تقوم الأسنان بتقطيع وطحن الطعام إلى قطع أصغر. ويساهم إفراز الغدد اللعابية في تليين تجويف الفم والمساعدة في هذا الهضم. إضافة لذلك، يحتوي اللعاب إنزيم أميليز *amylase* الذي يفكك النشا إلى سكريات ثنائية. ويستمر الهضم في المعدة والأمعاء الدقيقة، حيث تتحول جزيئات الغذاء الكبيرة إلى وحدات صغيرة، مثل الأحماض الأمينية والنوية والدهنية والسكريات الأحادية. ويتم امتصاص الماء في الأمعاء الغليظة حيث تتحول المادة غير المهضومة إلى كتلة شبه صلبة. سنكرس هذا الفصل لدراسة الأنبوب الهضمي، ونبدأ بتجويف الفم بما فيه من لسان وأسنان، ثم نتقل إلى بقية أجزاء الأنبوب الهضمي، وسندرس الغدد اللعابية والأعضاء الأخرى الملحقة بهذا الأنبوب في الفصل التالي.

1. تجويف الفم Oral Cavity

يحتوي هذا التجويف اللسان والأسنان وتصب فيه الغدد اللعابية، ويحاط بالخددين والشفيتين وله سقف من حنك صلب **hard palate** وحنك طري **soft palate** (شكل 2). ويطن هذا التجويف بنسيج طلائي حرشفي غير متقرن. وفي منطقة الخدين والشفة، يتم الانتقال من النسيج المذكور الذي يطن داخلهما إلى نسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن يغطي خارجهما، كما يطن هذا النسيج المتقرن الحنك الصلب واللثة لحمايتها من التهتك أثناء مضغ الطعام. وترتكز هذه البطانة على نسيج ضام طري يحتوي غددا لعابية، يرتكز الفشاء المخاطي في الحنك الصلب على نسيج عظمي، بينما توجد في لب الحنك الطري عضلات هيكلية وغدد مخاطية. ويتدلى من مركز الحنك الطري بروز باتجاه الفم، يدعى اللهاة **uvula** (شكل 2) الذي يتكون لبها من عضلات ونسيج ضام طري، بينما يتألف غطاؤها من نسيج طلائي مماثل لبطانة الفم.



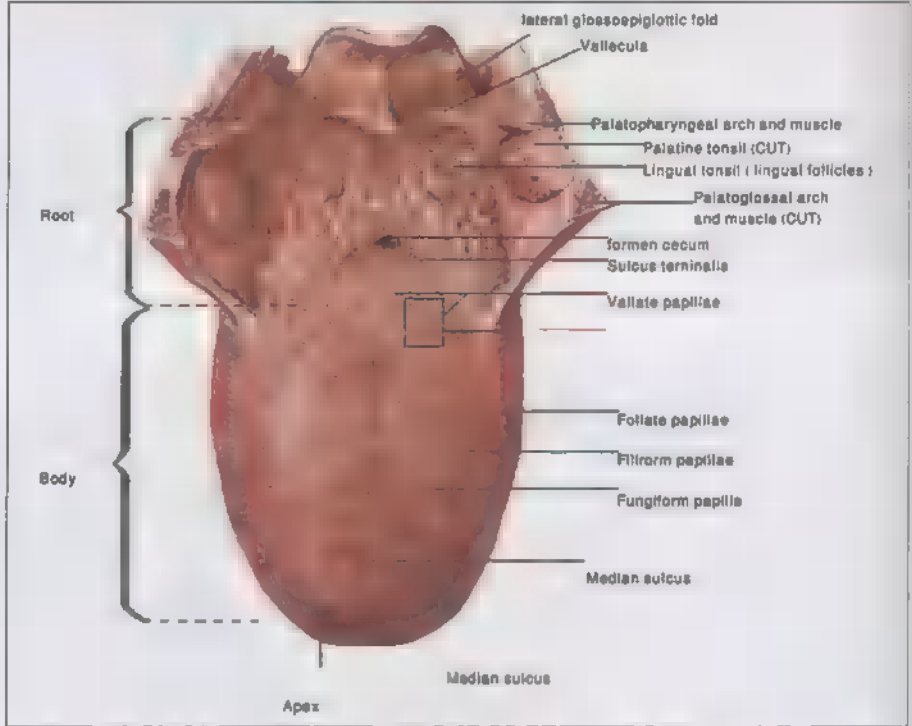
(شكل 2) رسم يبين مكونات تجويف الفم

1.1 اللسان Tongue

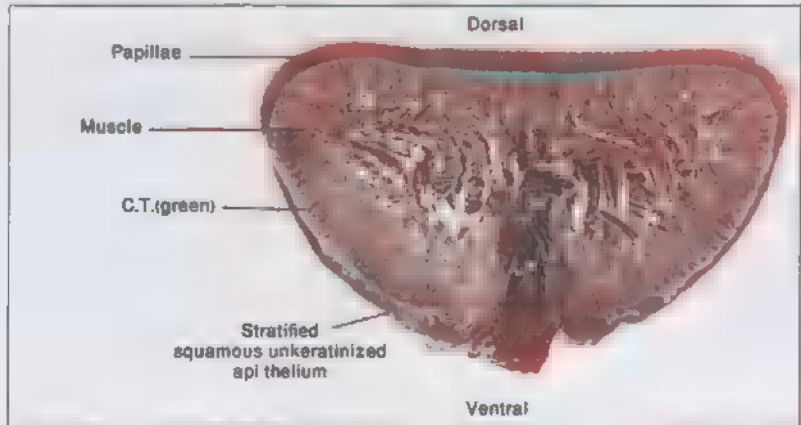
هذا عضو يتكون من عضل هيكلية، مغطى بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن، له سطح علوي خشن و متعرج، و سطح سفلي أملس. وتتوزع حزم العضلات في كل الاتجاهات حيث تنفصل عن بعضها بنسيج ضام (شكل 3، 4). وتوجد على السطح العلوي للسان أعداد كبيرة من نتوءات

11

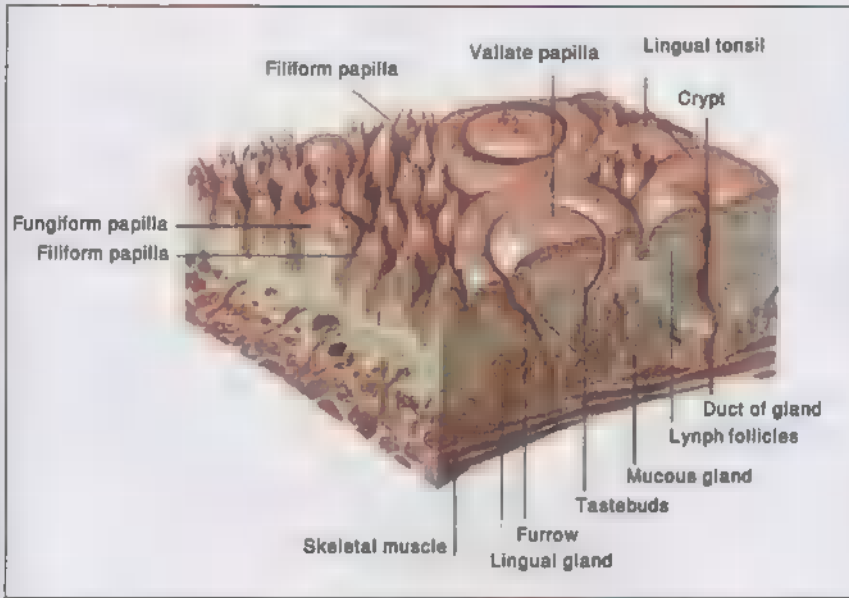
صغيرة تدعى حلمات **papillae**، وينفصل الثالث الخلفي لهذا السطح عن مقدمة اللسان بعد يشبه حرف V (شكل 3، 4). ويقع خلف هذا الحد جذر اللسان وانتفاخات صغيرة تتكون من تجمعين لمفاويين صغيرين، يتشكل أحدهما من عقيدات لمفاوية **lymphatic nodules** بينما يتألف الآخر من لوزات لسانية **lingual tonsils** سندرسها لاحقا في الفصل المعني بالجهاز اللمفاوي.



(شكل 3) رسم يبين قاعدة اللسان وسطحه العلوي



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في اللسان ويظهر سطحه العلوي الفني بالحلمات وسطحه السفلي الأملس

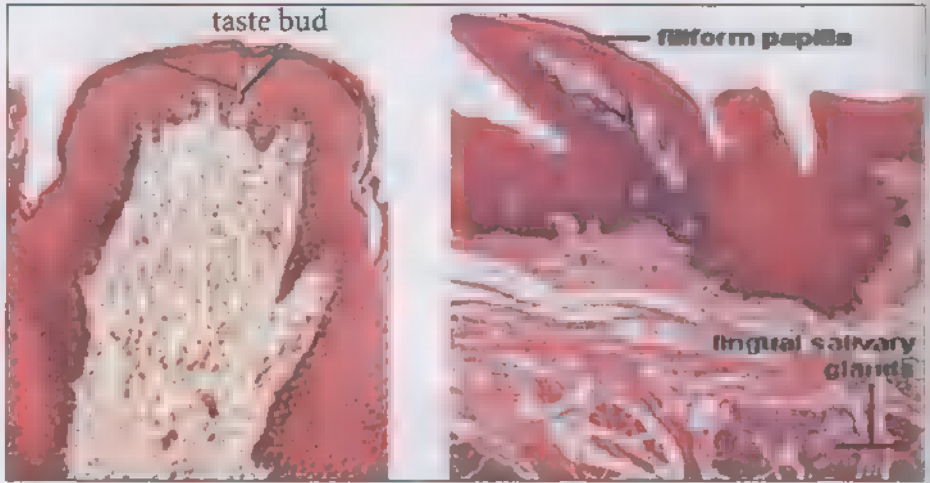


(شكل 5) رسم يبين توزيع حلمات اللسان

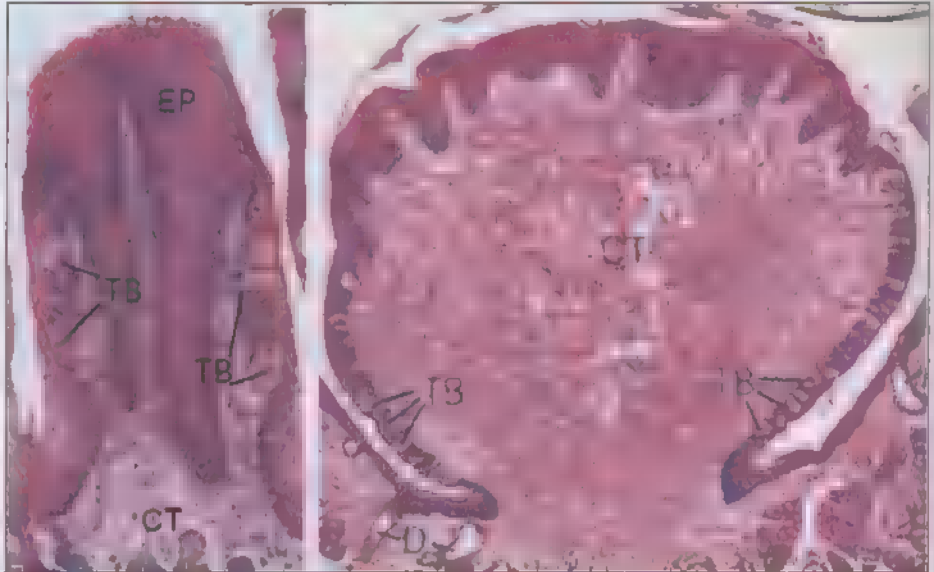
يوجد في السطح العلوي للسان أربعة أنواع من الحلمات، هي: خيطية الشكل **filiform**، وفطرية الشكل **fungiform** (شكل 3، 5، 6) و ورقية الشكل **foliate** وهي ضعيفة النمو في الإنسان ودايرية مخندقة **crinumvallate** (شكل 3، 5، 7). والنسيج الطلائي في هذه الحلمات هو من النوع الطبقي الحرشفي غير المقترن باستثناء الخيطية منها، حيث يكون متقرباً جزئياً. و يوجد في النسيج الطلائي لهذه الحلمات براعم تذوق **taste buds** تحتوي خلايا مستقبلية تستجيب لمذاق الطعام. ويبين الجدول 1 سمات هذه الحلمات.

جدول (1)، أنواع وسمات حلمات اللسان

نوع الحلمة	الموقع على اللسان	موقع براعم التذوق
خيطية الشكل	موزعة على سطح اللسان	لا توجد
فطرية الشكل	موزعة بين الحلمات الخيطية	الأسطح العليا للحلمات
دايرية مخندقة	في منطقة V وتحاط بأخاديد	جوانب الحلمات
ورقية الشكل	في صفين على جانبي اللسان	جوانب الحلمات

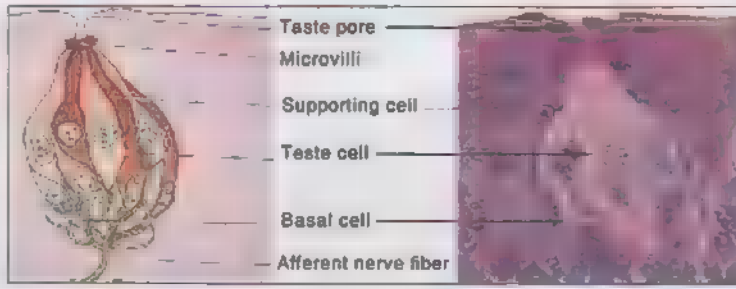


(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية في حلقة خيطية الشكل (يمين) وفي حلقة فطرية الشكل (يسار)



(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في حلقة دائرية مخندقة (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لمقطع في حلقة ورقية الشكل (يسار). لاحظ النسيج الطلائي الطبقي (EP) وبراعم التذوق (TB) والنسيج الضام (CT)

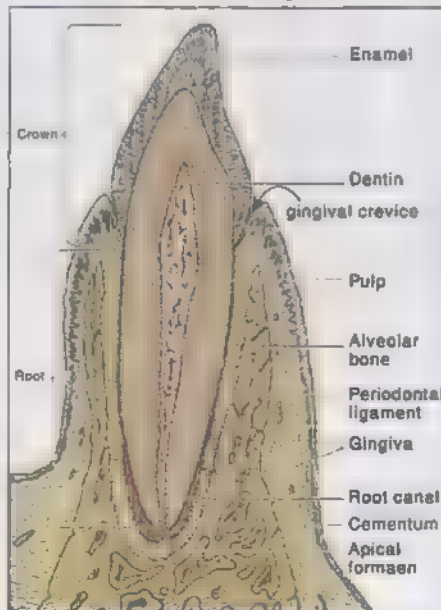
يتخذ برعم التذوق شكلا بيضاويا ويتكون من 50-70 خلية مطمورة في النسيج الطلائي للحلقة (شكل 8)، نصفها معني بالتذوق وتسمى خلايا التذوق taste cells، وبعضها يدعم البرعم ويسمى الخلايا الداعمة supporting cells، إضافة إلى خلايا قاعدية basal cells تعوض ما يفقد من خلايا تتهتك.



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لبرعم (يمين) ورسم يبين خلايا برعم تذوق (يسار)

2.1 الأسنان Teeth

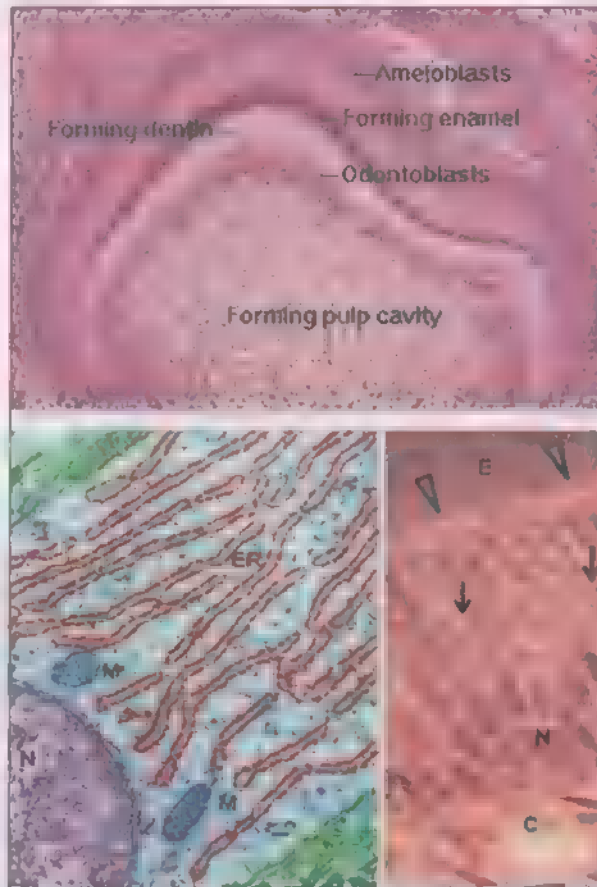
تتوزع الأسنان الدائمة في الإنسان (وعدها 32) في مجموعتين متماثلتين في كل من الفك العلوي والسفلي. ويتكون السن من جزء بارز فوق اللثة ويدعى التاج crown، وجزء مطمر في اللثة داخل تجويف الفك، ويسمى الجذر root (شكل 9). ويغطي التاج بمادة صلبة تسمى enamel، بينما يغطي الجذر بمادة الملاط (الاسمنت) cementum. ويلتقي الغطاءان المذكوران في عنق neck السن. كذلك، يحتوي السن مادة متكلسة تدعى العاج dentin. تحيط بتجويف اللب pulp cavity الذي يمتد إلى قمة الجذر، حيث توجد فتحة قمية apical foramen (9) تسمح بعبور الأوعية الدموية والأعصاب والأوعية اللمفاوية إلى داخل التجويف. ويثبت السن في تجويف الفك بواسطة رباط محيط السن periodontal ligament الذي يتكون من حرد من ألياف كولاجين (شكل 9). ونعالج فيما يلي أجزاء السن.



(شكل 9) رسم لمقطع طولي في سن قاطمة

1.2 المينا Enamel

يمثل المينا أصلب جزء في جسم الإنسان، وهو الأغنى بأملاح الكالسيوم، التي تشكل حوالي 95% منه، بينما تشكل مادته العضوية نسبة 0.5%، في حين يكون الماء حوالي 4.5%. ينتج المينا من خلايا مينا يافعة *ameloblasts*، طويلة وغنية جدا بالميتوكوندريا وتحتوي نوى قاعدية وشبكية إندوبلازمية خشنة ومركب جولجي نام (شكل 10). ولكل خلية مينا يافعة امتداد رأسي يدعى *Tome's process* فيه عدة حبيبات إفرازية تحتوي بروتينات مولدة للمينا. ويتشكل المينا من عدة أعمدة من بلورات هايدروكسي أباتيت، تسمى عصي (مناشير) المينا *enamel rods* (*prisms*) (شكل 10).

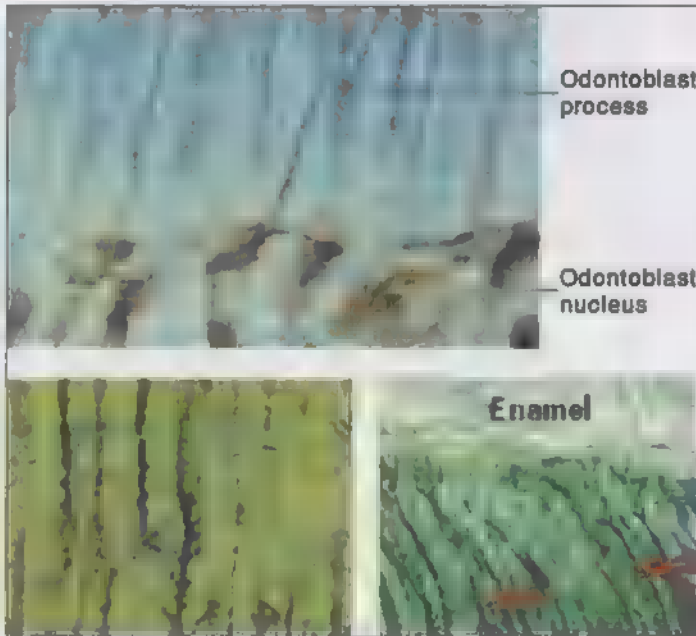


(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لخلايا مينا وعاج يافعة في سن نام (فوق) وصورة مجهرية ضوئية لخلايا مينا يافعة وتظهر النوى (N) وبيروقات الخلايا (أسهم) ويدايات مناشير المينا (رأس سهم) (تحت، يمين) وصورة مجهرية إلكترونية لجزء من خلية مينا يافعة تبين تركيبها الدقيق وتظهر النواة (N) والشبكة الإندوبلازمية الخشنة (ER) والميتوكوندريا (M) (تحت، يسار).

2.2.1 العاج Dentin

هذا نسيج متكلس يتكون من خيوطات كولاجين I، وجلايكانات جلوكوز أمين glycosaminoglycans وأملاح الكالسيوم (التي تشكل نسبة 70% من الوزن الجاف للعاج) على هيئة بلورات هيدروكسي أباتيت hydroxyapatite.

يفرز العاج من خلايا عاج يافعة odontoblasts، وهي خلايا تفصل جسم السن عن تجويف اللب (شكل 10). والخلايا المذكورة طويلة، تنتج العاج من جهة واحدة فقط، وهي الجهة البعيدة عن تجويف اللب. وتحتوي كل خلية نواة قاعدية وشبكة إندوبلازمية خشنة وأهرة. ولهذه الخلايا برورات سيتوبلازمية متفرعة تعبر جسم العاج، وتسمى برورات odontoblast processes أو ألياف Tome's fibers. وتمتد هذه البرورات عبر قنوات دقيقة تسمى الأنابيب العاجية dentinal tubules التي تتفرع كثيرا عند اتصال العاج بالمينا (شكل 11).



(شكل 11) صورة بالمجهر الضوئي تبين خلايا عاج يافعة وبروراتها (فوق) ويظهر الجزء الأولي من ألياف توم (تحت، يمين، أسهم) والجزء الطرفي البعيد المتفرع (تحت، يسار)

3.2.1 اللب Pulp

يتشكل اللب من نسيج ضام رخو، ويحتوي خلايا عاج يافعة وخلايا ليفية، إضافة إلى ليبلاز كولاجين ومادة أرضية غنية بمركبات جلايكانات جلوكوز أمين. وتوجد في اللب عدة أوعية دموية وألياف عصبية تتفرع وتمتد لمسافة قصيرة داخل أنابيب العاج، حيث تكون هذه الأعصاب حساسة للألم.

4.2.1 الملائط (الإسمنت) Cementum

يغطي هذا النسيج المائج في جذر السن (شكل 9). وهو شبيه بالعظم من حيث التركيب النسيجي، غير أنه لا يحتوي وحدات هافرس وأوعية دموية. والملائط غليظ في المنطقة الرأسية للجذر حيث توجد خلايا إسمنتية cementocytes شبيهة بالخلايا العظمية، إذ أنها تحاط بـ lacunae وتتصل مع بعضها بوساطة قناتٍ canaliculi.

5.2.1 الرباط المحيط بالسن Periodontal Ligament

يتشكل هذا الرباط من نسيج ضام كثيف غير منتظم، تخترق أليافه الكولاجينية الملائط لترتبط السن بعظم الفك (شكل 9). وتعمل ألياف هذا الرباط على دعامة السن إزاء الضغوط التي يتعرض لها أثناء المضغ. ويضمّر هذا الرباط في حالة نقص فيتامين ج، مما يجعل الأسنان غير ثابتة في تجاويفها.

6.2.1 العظم السنجي Alveolar Bone

هذا نسيج عظمي أولي تخترقه ألياف كولاجين الموجودة في الرباط المحيط بالسن لتكوّن جسراً متيناً بين السن ومحيطه. وتمر أوعية دموية وأعصاب عبر هذا العظم إلى لب السن.

3.1 اللثة Gingiva

تتكون اللثة من نسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرّن وعدة حلقات من النسيج الضام. ويرتبط هذا النسيج بمينا السن عبر جليدة cuticle تشبه صفيحة قاعدية (شكل 9). وتشد الخلايا الطلائية إلى الجليدة بأنصاف أجسام رابطة. كذلك، يوجد بين المينا والنسيج الطلائي للثة قلع لثوي gingival crevice، وهو عبارة عن شق يحيط بتاج السن.

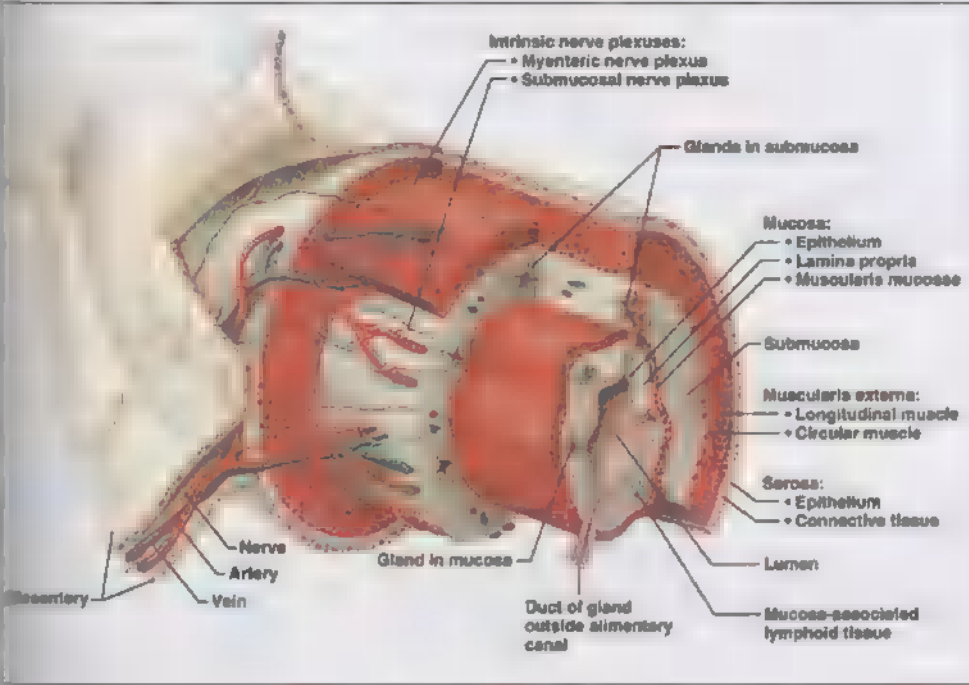
2. جدار الأنبوب الهضمي

يمتد الأنبوب الهضمي من المريء وحتى الشرج، وهو يتشكل من أربع طبقات، هي: المخاطية mucosa، وتحت المخاطية submucosa، والعضلية muscularis، والمصلية serosa. ونعالج فيما يلي التركيب النسيجي لهذه الطبقات التي يبين شكل 12 العلاقات الموضعية بينها.

1.2 المخاطية Mucosa

تتألف هذه الطبقة من بطانة طلائية epithelial lining، وصفيحة مخصوصة lamina propria تتشكل من نسيج ضام طري، ومنطقة عضلية مخاطية muscularis mucosae (شكل 12). تكون البطانة الطلائية إما طبقية حرشفية غير متقرنة stratified squamous non-keratinized كما في منطقة الفم والمريء والشرج، أو بسيطة عمادية simple columnar كما في بقية أجزاء الأنبوب الهضمي. وتقوم البطانة الطلائية للأنبوب الهضمي بعدة وظائف أهمها:

العمل كحاجز نفاذ بين أنسجة الجسم ومحتوى الأنبوب الهضمي، وتسهيل هضم ونقل الغذاء وامتصاص نواتج الهضم، كما تنتج البطانة هرمونات تؤثر في عملية الهضم. كذلك، تعمل البطانة على تليين مجرى الهضم بواسطة مادة مخاطية تقلل الاحتكاك بينها وبين الطعام.



(شكل 12) رسم يبين مكونات جدار الأنبوب الهضمي

وتكثر العقيدات اللمفاوية وكذلك الخلايا الأكولة الكبيرة في الصفيحة المخصوصة وفي الطبقة تحت المخاطية (شكل 12)، وذلك لحماية الأنبوب الهضمي، وبالتالي جسم الإنسان، من العدوى البكتيرية. ولهذه المساندة المناعية أهمية خاصة، ذلك أن معظم بطانة الأنبوب الهضمي، كما يتنبأ مكونة من نسيج طلائي بسيط غير حصين. وتساعد المنطقة العضلية المخاطية في تحريك بطانة الأنبوب الهضمي، ويؤدي ذلك إلى احتكاك تلك البطانة بالغذاء، وبالتالي زيادة كفاءة عملية الهضم. وتغصب الخلايا العضلية في هذه المنطقة بأعصاب ودية وأخرى نظير ودية. ويعزى تأثير الاضطرابات النفسية على الجهاز الهضمي إلى وفرة الأعصاب الذاتية في جدار هذا الجهاز.

2.2 تحت المخاطية Submucosa

تشكل هذه الطبقة من نسيج ضام طري غني بالغدد والأوعية الدموية واللمفاوية، إضافة إلى ضفيرة مايزنر العصبية Meissner's nerve plexus (شكل 12).

3.2 العضلية Muscularis

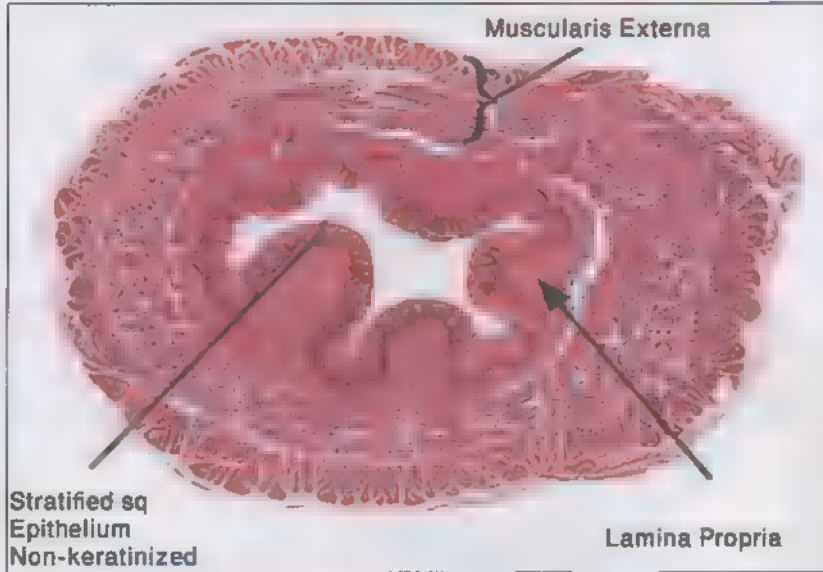
تتكون هذه المنطقة من خلايا عضلية ملساء، تتنظم في طبقة داخلية دائرية وطبقة خارجية، منتظمة بشكل طولي (شكل 12). وتحتوي هذه الطبقة صغيرة أورباخ العصبية Auerbach's nerve plexus التي توجد بين المجموعتين العضليتين المذكورتين (شكل 12). ويوجد بين خلايا طبقتي العضلات أوعية دموية وأخرى لمفاوية.

4.2 المصلية Serosa

هذه طبقة رقيقة من النسيج الضام الطري الغني بالأوعية الدموية واللمفاوية والنسيج الدهني وتغطي من الخارج نسيج طلائي حرشفي بسيط (شكل 12).

3 المريء Esophagus

هذا أنبوب عضلي يتراوح طوله بين 20 و 50 سم، ويعمل على نقل الغذاء من الفم إلى المعدة. ويبطن المريء بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن، وبشكل عام، فإن جدار المريء يتكون من الطبقات المذكورة سابقا (شكل 13). وتكثر في المنطقة تحت المخاطية غدد مخاطية. وفي الجزء الأعلى من المريء توجد عضلات هيكلية، بينما توجد في جزئه الأوسط عضلات هيكلية وأخرى ملساء، وفي الجزء القريب من المعدة توجد عضلات ملساء فقط.



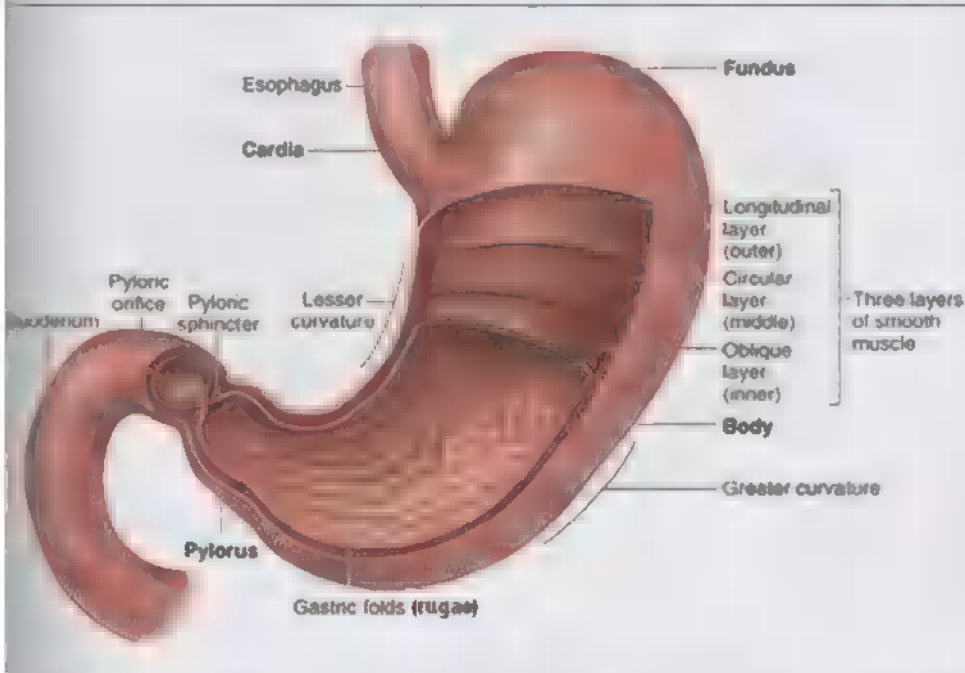
(شكل 13) صورة مجهرية ضوئية لقطع عرضي في المريء

4. المعدة Stomach

تمثل المعدة الجزء المنتفخ من الأنبوب الهضمي، حيث يبدأ فيها هضم البروتينات. ونتيجة لتحركات جدار المعدة، يتحول الطعام في هذا العضو إلى مادة لزجة تسمى كيموس chyme وتتكون المعدة من أربع مناطق، هي: القواعد cardia، والقاع fundus، والجسم body، والبواب pylorus (شكل 14)، وسنعالج هذه المناطق لاحقاً.

تتكون الطبقة المخاطية لجدار المعدة من نسيج طلائي عمادي بسيط، وتعتمد هذه البطانة لتكون حفرا معدية gastric pits تصب فيها إفرازات الغدد الأنبوبية المتفرعة من مختلف أجزاء المعدة. وتقرز الخلايا المبطنة لهذه الحفر مادة مخاطية تشكل طبقة غليظة تحمي غدد المعدة من تأثيرات حمض HCl. وبينت الدراسات الحديثة أن الخلايا المبطنة لسطح المعدة والحفر المعدية تتصل بروابط محكمة تشكل حاجزا أمام الحمض المذكور. كذلك، تبين أن التوتر والموتور الكيميائية مثل الإسبرين، تهيج بطانة المعدة وتؤدي إلى القرحة ulcer.

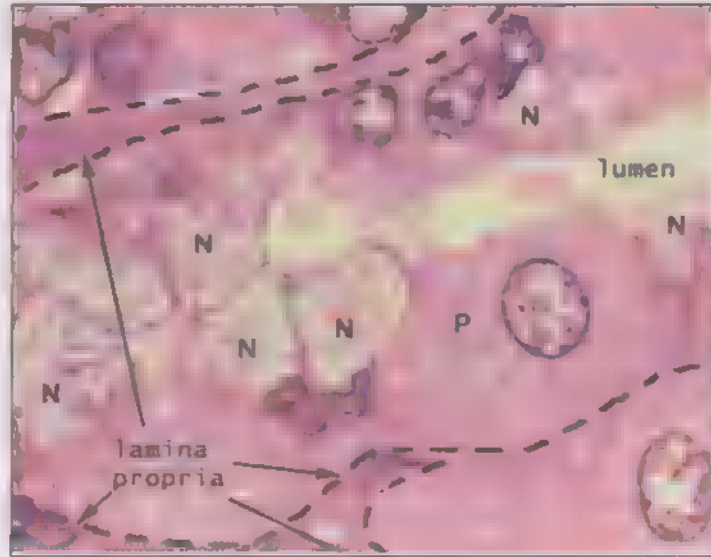
تجدر الإشارة إلى أن ثنايا طولية تسمى جعدات rugae (شكل 14) تمتد من طبقتي المخاطية وتحت المخاطية باتجاه تجويف المعدة، وتعمل هذه الجعدات على زيادة المساحة السطحية للمعدة لتزيد من كفاءة عملية الهضم.



(شكل 14) رسم لمناطق المعدة وتركيبها النسيجي

منطقة الفؤاد Cardiac Region

تقع هذه المنطقة بعد نهاية المريء (شكل 14)، ويوجد في صفيحتها المخصصة لهذه المنطقة غدد أنبوبية بسيطة أو متفرعة، وتنتج معظم خلايا هذه الغدد مادة مخاطية وأنزيمات مفككة لجدار البكتيريا. وتفرز القليل من الخلايا الجدارية parietal cells (شكل 15) الموجودة في هذه الغدد حمض HCl.



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية لخلايا عنقية مخاطية (N) وخلايا جدارية (P) في الطبقة المخاطية للمعدة

القاع والجسم Fundus and Body

هاتان المنطقتان متشابهتان نسيجياً، ولذلك سنعالجهما سوياً. تحتوي الصفيحة المخصصة في هاتين المنطقتين غدداً أنبوبية متفرعة، وتحتوي أعناق هذه الغدد خلايا غير متميزة وخلايا جدارية وخلايا مخاطية. أما قواعدها فتحوي الخلايا الرئيسية والخلايا المدية الصم. ونعالج فيما يلي هذه الخلايا (شكل 16).

أ. الخلايا غير المتميزة Undifferentiated Cells

هذه خلايا قليلة العدد، لها نوى قاعدية وبيضاوية الشكل توجد في أعناق الغدد المدية. ولهذه الخلايا قدرة انقسام عالية للتعويض عما يفقد من خلايا بطانة المعدة.

ب. الخلايا العنقية المخاطية Mucous Neck Cells

توجد هذه الخلايا فرادى أو في مجموعات بين الخلايا الجدارية في أعناق الغدد المدية. ولهذه الخلايا، ذات النوى القاعدية، أشكال غير منتظمة ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات بيضاوية أو كروية (شكل 15)، إضافة إلى عدة ميتوكوندريا. وعند قمم هذه الخلايا توجد خملات دقيقة متعددة، ويعتقد أن هذه الخلايا تفرز مادة مخاطية تحمي جدار المعدة من التهتك.

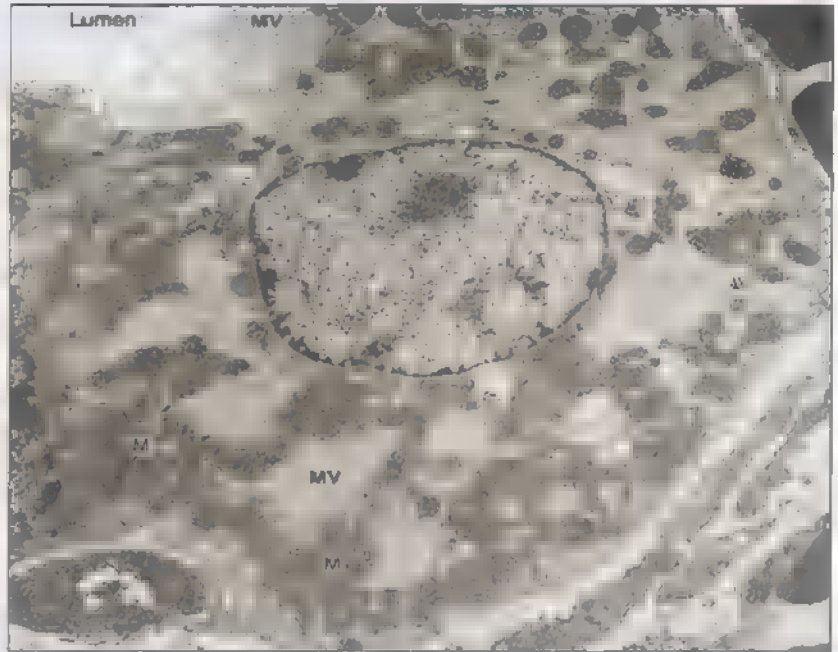
Lumen of stomach	Cell Types	Substance Secreted
	Mucous neck cell	Mucus protects lining
		Bicarbonate
	Parietal cells	Gastric acid (HCl)
		Intrinsic factor (ca ⁺⁺ absorption)
	Enterochromaffin-like cell	Histamine (stimulates acid)
	Chief cells	Pepsinogen
		Gastric lipase
	D cells	Somatostatin inhibits acid
	G cells	Gastrin stimulates acid

(شكل 16) رسم يبين خلايا بطانة المعدة ووظائفها

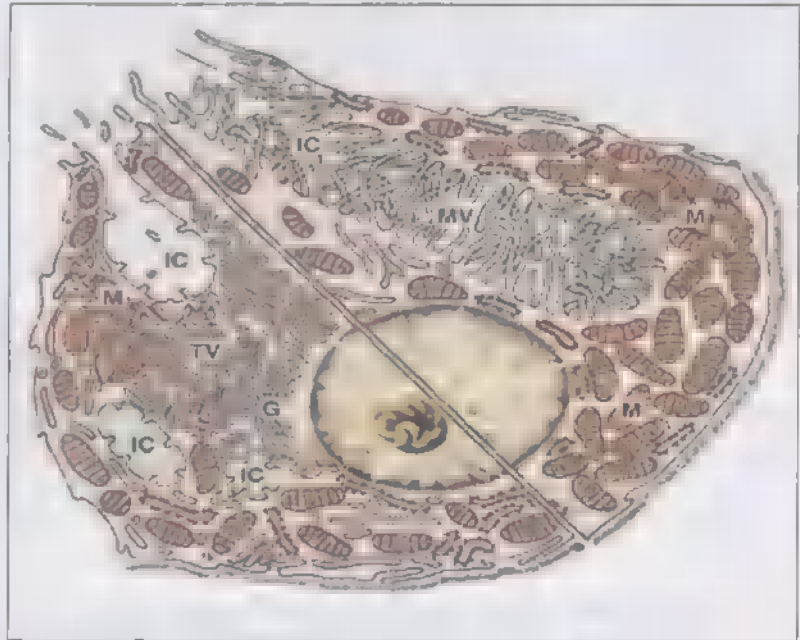
ج. الخلايا الجدارية Parietal Cells

توجد هذه الخلايا بوفرة في الأجزاء العلوية من الفد المعدة، ولكنها قليلة جداً في قعر تلك الفد. وهذه الخلايا هرمية الشكل ولها نوى مركزية وسيتوبلازم قوي الاصطباج بإيوسين وبملاحظة هذه الخلايا بالمجهر الإلكتروني النافذ، تلاحظ انغمادات عميقة من الغشاء الخلوي الرأسي لتكوّن قنات خلوية داخلية intracellular canaliculi، إضافة إلى وفرة من الميتوكوندريا (شكل 15، 18).

وكما يتبين من (الشكل 18)، فإن المنطقة الرأسية للخلية الجدارية غير النشطة تحنو حوصلات أنبوبية tubulovesicles تحت الغشاء الخلوي، وفي هذه الحالة، يوجد على سطح الخلية عدد قليل من الخملات الدقيقة. وعند تنشيط هذه الخلايا لإفراز HCl، تندمج الحوصلات الأنبوبية مع غشاء الخلية وتكثر خملاتها الدقيقة وبذلك تزداد مساحتها السطحية لزيادة إفراز الإفراز (شكل 18). ويعتقد أن الخييطات الدقيقة الموجودة بين تلك الحوصلات تلعب دوراً مهماً في هذا الشأن.



(شكل 17) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية جدارية نشطة. لاحظ وفرة الميتوكوندريا (M) والعدد الكبير من الخملات الدقيقة (MV)

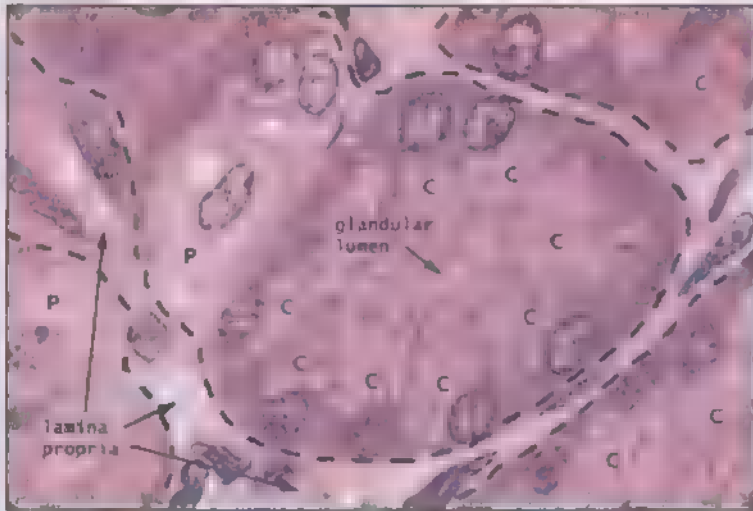


(شكل 18) رسم يبين الفروقات الدقيقة بين خلية جدارية نشطة (يمين) وأخرى غير نشطة (يسار).
IC = فتحات داخل الخلية: M = ميتوكوندريا: MV = خملات دقيقة: TV = حوصلات أنبوبية

تفرز الخلايا الجدارية HCl تحت تأثير هرمون جاسترين gastrin ونهايات عصبية في جدار المعدة. ويؤثر العدد الكبير لهذه الخلايا على قدرة المعدة لإنتاج هذا الحمض. كذلك، تنتج هذه الخلايا العامل المعدي الداخلي gastric intrinsic factor، وهو بروتين كربوهيدراتي يرتبط بفيتامين B12. ويؤدي أي نقصان في هذا العامل إلى خلل في امتصاص هذا الفيتامين، وينتج عن ذلك فقر الدم الوبيل pernicious anemia.

د. الخلايا الرئيسية Chief Cells

تتجاور هذه الخلايا مع الخلايا الجدارية (شكل 19) وتسود في المنطقة السفلى من الغدة الأنبوبية، ولها خصائص الخلايا المفرزة للبروتينات. فالشبكة الإندوبلازمية الخشنة وفيرة وأعداد الميتوكوندريا كثيرة. وتفرز هذه الخلايا مولد ببسين pepsinogen الذي يتحول إلى إنزيم ببسين pepsin النشط عند إطلاق حمض HCl من الخلايا الجدارية.



(شكل 19) صورة مجهرية ضوئية لخلايا رئيسية (C)، وخلايا جدارية (P)

هـ. الخلايا المعوية الصم Enteroendocrine Cells

توجد هذه الخلايا عند قواعد غدد المعدة. ومن أهم إفرازاتها سيروتونين serotonin يزيد من حركة الأنبوب الهضمي.

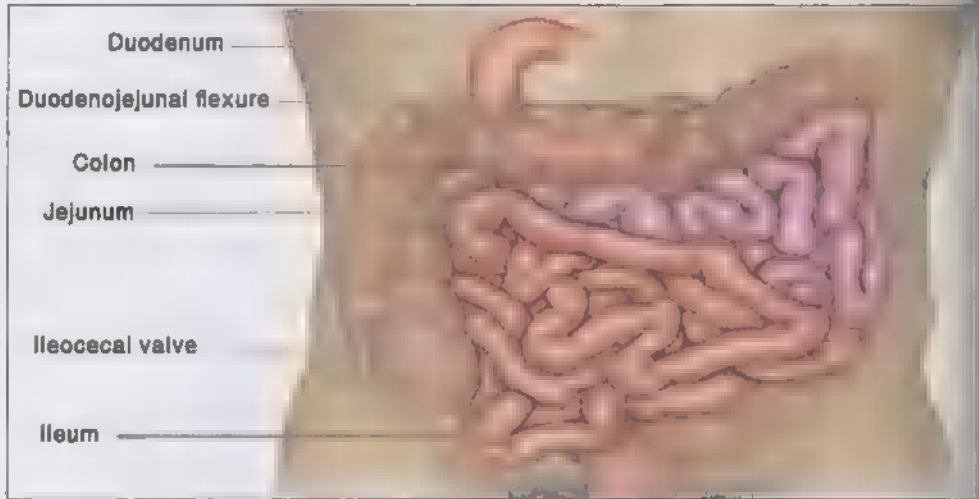
3.4 منطقة البواب Pylorus

تقع هذه المنطقة عند نهاية المعدة المتصلة بالإثني عشر، ويوجد فيها فتحات عميقة تصب فيها غدد ملتوية قصيرة. تفرز الغدد في هذه المنطقة الإنزيم الليزوكاين lysozyme لجدر الخلية البكتيرية، إضافة إلى هرمون جاسترين gastrin الذي يحفز إفراز HCl من الخلايا الجدارية. وهرمون سوماتوستاتين somatostatin الذي يثبط هذا الإفراز.

بالنسبة لبقية مكونات جدار المعدة، فإنها تشبه تلك الموجودة في بقية الأنبوب الهضمي. غير أن المنطقة العضلية تحتوي أليافاً تتجه في ثلاثة اتجاهات. ففي الطبقة الخارجية تكون طويلة، وفي داخلية تكون مائلة، أما في الوسطى فتكون دائرية. وكذلك تتغلظ الألياف العضلية في المنطقة الوسطى لتكوّن العضلة المعاصرة البوابية pyloric sphincter التي تتحكم بخروج الغذاء من المعدة إلى الإثني عشر.

الأمعاء الدقيقة Small Intestine

تشكل الأمعاء الدقيقة أنبوباً كبير الالتواء، يبلغ طوله حوالي ستة أمتار وقطره حوالي 2.5 سم. وتتكون هذه الأمعاء من ثلاثة أجزاء هي: الإثنا عشر duodenum ، والصائم jejunum ، واللفائي ileum (شكل 20).



(شكل 20) رسم يبين مكونات الأمعاء الدقيقة

يساعد طول الأمعاء الدقيقة في زيادة الاحتكاك بين الغذاء الذي تحتويه وإنزيمات الهضم، إضافة إلى إتاحة المجال أمام الخلايا الإمتصاصية التي تبطن الأمعاء الدقيقة كي تقوم بوظيفتها على أفضل وجه. ونظراً لأن الأجزاء الثلاثة المكونة للأمعاء الدقيقة متشابهة من حيث التركيب فسيجي، فإننا سنعالجها كجزء واحد، وسنبرز ما هو خاص بكل منطقة عند اللزوم.

الطبقة المخاطية Mucosa

عند فحص بطانة الأمعاء الدقيقة بالعين المجردة تظهر عدة ثنايا دائرية plicae circulares. وفي حين تكون هذه الثنايا كثيرة جداً في الصائم فإنها لا تشكل صفة مميزة في الإثني عشر واللفائي. كذلك تظهر على سطح البطانة خملات villi (شكل 21)، وهي بروزات خراوح طولها بين 0.5-1.5 ملم، وتمتد باتجاه تجويف الأمعاء. وتتخذ هذه الخملات شكلاً ورقياً

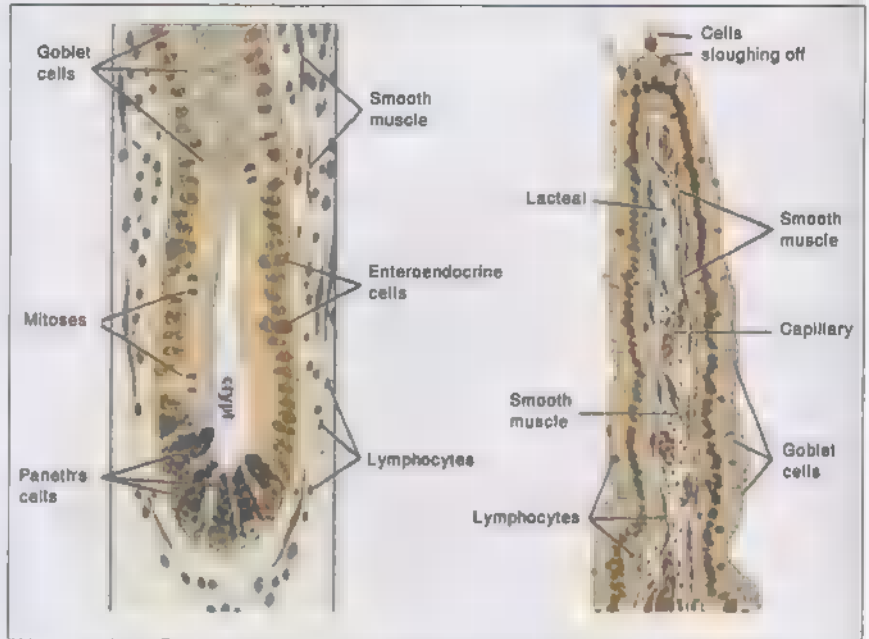
في الإثني عشر، وتتحول تدريجياً إلى شكل اصبعي باتجاه اللفائفي. وتزيد الخملات المسطحة للأمعاء حوالي 10 مرات، وتظهر بينها انغمادات لغدد أنبوبية بسيطة تسمى سراخ crypts (شكل 22.21). ويتصف النسيج الطلائي المبطن لجدار الأمعاء الدقيقة بوجود خلايا غير متميزة undifferentiated cells وخلايا امتصاصية absorptive cells وخلايا كأسية - let cells (شكل 21 - 23) وخلايا بنت Paneth cells. وخلايا معوية صم enteroendocrine cells (شكل 21). ونعالج فيما يلي هذه الأنواع من الخلايا.

أ. الخلايا غير المتميزة Undifferentiated Cells

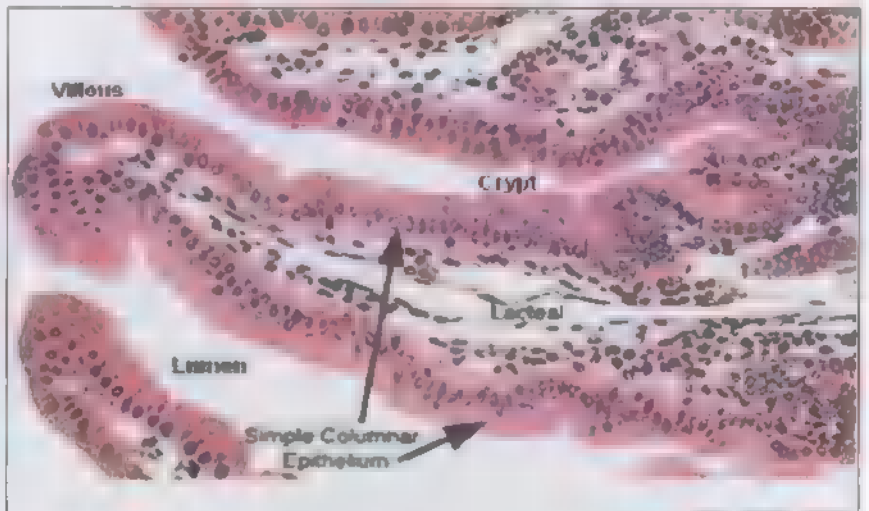
تتعرض بطانة الأنبوب الهضمي لاحتكاكات متواصلة بالغذاء الذي يتعرض للهضم في الأمعاء الدقيقة، ونتيجة لذلك تتساقط خلاياها ولا بد من تعويضها. وتقوم بهذه المهمة خلايا غير متميزة تنقسم باستمرار (شكل 21)، وتدفع الخلايا الوليدة لتحل محل ما يفقد من خلايا امتصاصية أو كأسية. تجدر الملاحظة إلى أن خلايا بطانة الأمعاء تعيش لفترة تتراوح بين أيام، ثم تتساقط بعد ذلك.

ب. الخلايا الامتصاصية Absorptive Cells

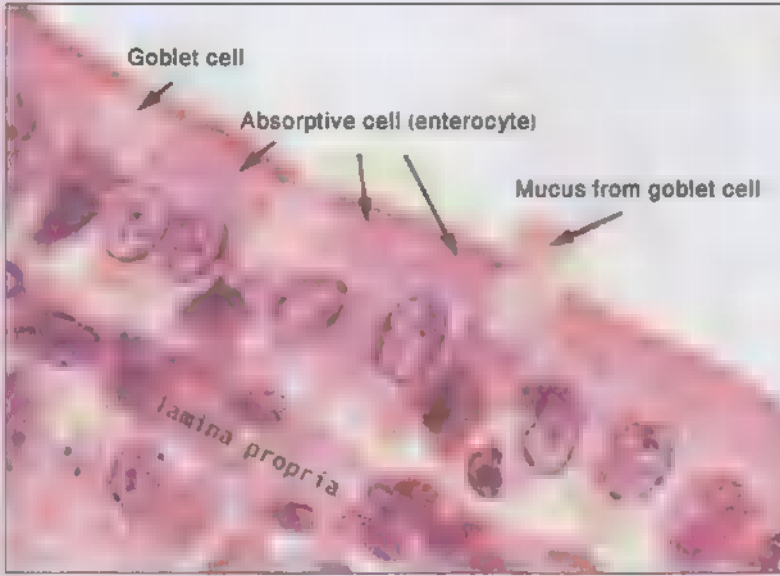
هذه خلايا عمادية لها نوى بيضوية قاعدية، وتحمل عند قممها بروزات دقيقة جداً تسمى خملات دقيقة microvilli محاطة بغشاء ويتكون لبها من خييطات أكتين (شكل 24). ويبلغ كل خملة دقيقة حوالي $1 \mu m$ ويكون قطرها حوالي $0.1 \mu m$. وتحتوي هذه الخلايا وفرة الميتوكوندريا (شكل 24).



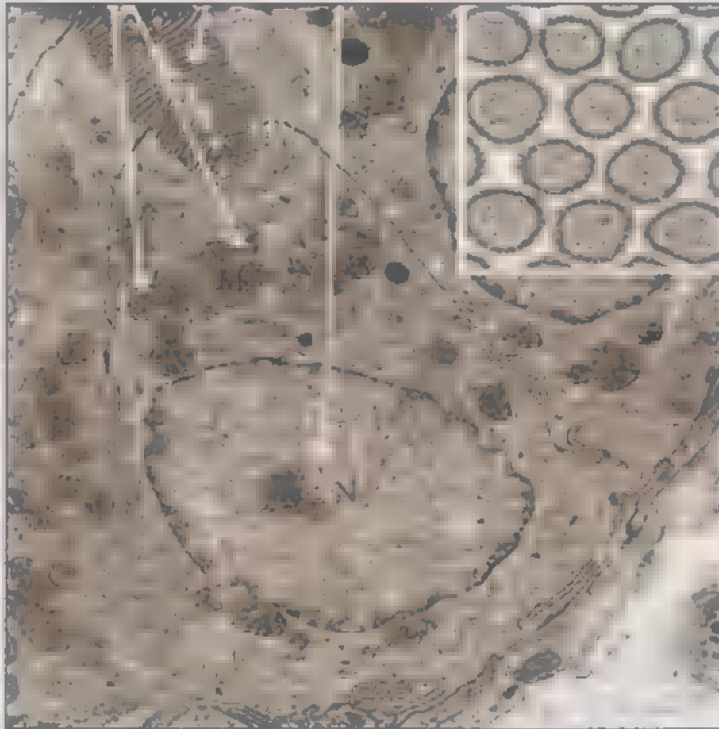
(شكل 21) رسم يبين أنواع الخلايا المبطنة للخملات. لاحظ لب الخملة (يمين) وما تحتويه من شعيرات دموية ولواين وألياف عضلية. كذلك لاحظ خلايا بانث والخلايا غير المتميزة (يسار) التي تظهر في مرحلة انقسام



(شكل 22) صورة مجهرية ضوئية لإحدى خمالات الأمعاء



(شكل 23) صورة مجهرية ضوئية تظهر الخلايا الكأسية والخلايا الامتصاصية في الأمعاء الدقيقة



(شكل 24) صورة مجهرية إلكترونية لخلية امتصاصية في بطانة الأمعاء الدقيقة. لاحظ وفرة الخملات الدقيقة التي تظهر

في الزاوية العليا اليمنى بمقاطع عرضية وفيها خييطات دقيقة. M = ميتوكوندريا، MV = خملات دقيقة، N = نواة

ج. الخلايا الصم Enteroendocrine Cells

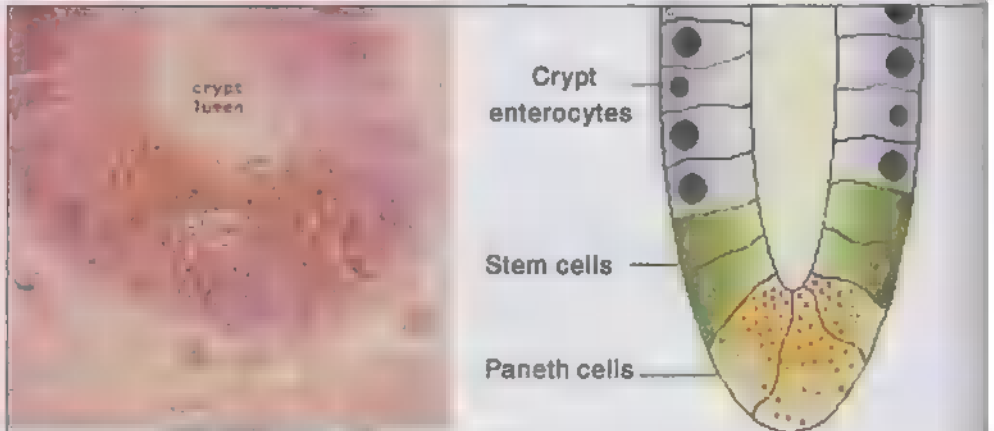
1. يحتوي جدار الأمعاء الدقيقة خلايا صم تفرز هرمونات مختلفة، مثل: سكرتين secretin الذي يحفز البنكرياس لإفراز مادة قلوية تقلل من حامضية الطعام القادم من المعدة.
2. المنشط للمرارة (كول ستوكاينين) cholecystokinin المنشط لانقباض المرارة وإطلاق الصفراء bile لاستحلاب الدهون، ويعمل هذا الهرمون على حفز إفراز إنزيمات البنكرياس.
3. المحرك motilin الذي ينشط حركة الأمعاء الدقيقة.
4. الببتيد المتعدد المثبط للمعدة gastric inhibitory polypeptide، الذي يكبح إفراز حمض HCl.
5. شبيه جلوكاجون glucagon-like substance، ويحفز تفكك جلايكوجين في الكبد وبالتالي يزيد من منسوب السكر في الدم.

د. الخلايا الكاسية Goblet Cells

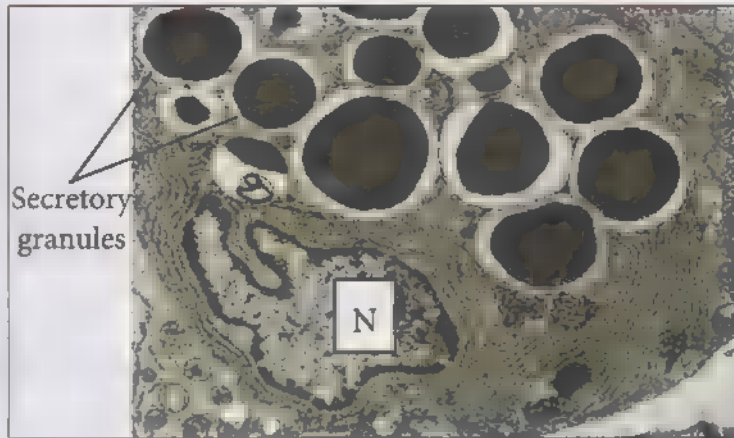
1. تتوزع هذه الخلايا بين الخلايا الامتصاصية (شكل 23.21)، وهي أكثر شيوعاً في اللقائفي منها في الصائم والإثني عشر، وتقوم هذه الخلايا بإنتاج بروتينات كربوهيدراتية مخاطية تلين وتحمي بطانة الأمعاء.

هـ. خلايا بانث Paneth Cells

1. توجد هذه الخلايا في قواعد غدد الأمعاء، وتفرز إنزيمات تفكك الجدر الخلوية للبكتيريا، ويحتوي هذه الخلايا شبكة إندوبلازمية خشنة واهرة (شكل 25، 26).



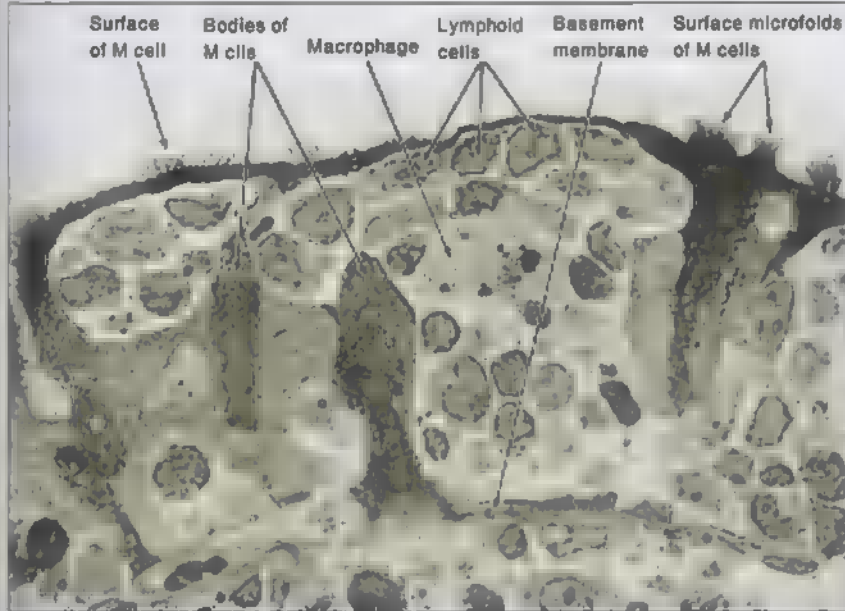
(شكل 25) رسم يبين خلايا بانث في قاعدة غدة مموية (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لهذه الخلايا



(شكل 26) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية بانث. لاحظ الحبيبات الإفرازية والشبكة الإندوبلازمية الخشنة والنواة N.

و. الخلايا الطلائية الغشائية Membraneous (M) Epithelial Cells

هذه خلايا طلائية تطل على الحوصلات اللمفاوية في بقع باير Peyer's patches، ولها انغمادات جانبية ورأسية تكوّن حفراً تحتوي خلايا لمفاوية (شكل 27)، وتلتقط هذه الخلايا تسمى خلايا M، مولدات الضد وتقدمها للخلايا اللمفاوية التي تنتقل بدورها إلى العقد اللمفاوية حيث يتم تنكيكها.

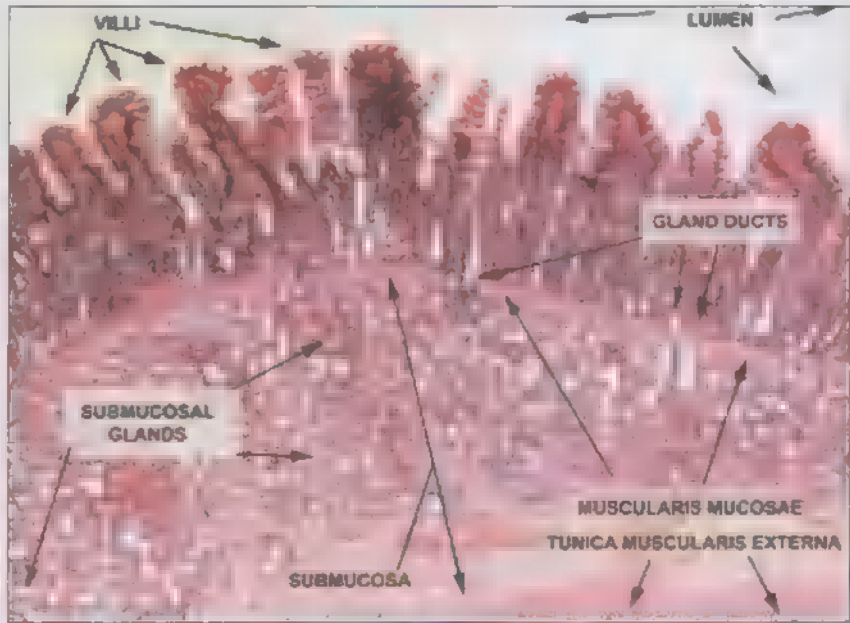


(شكل 27) صورة مجهرية ضوئية لخلايا M. لاحظ ثنايا وانغمادات هذه الخلايا

بقية طبقات جدار الأمعاء الدقيقة

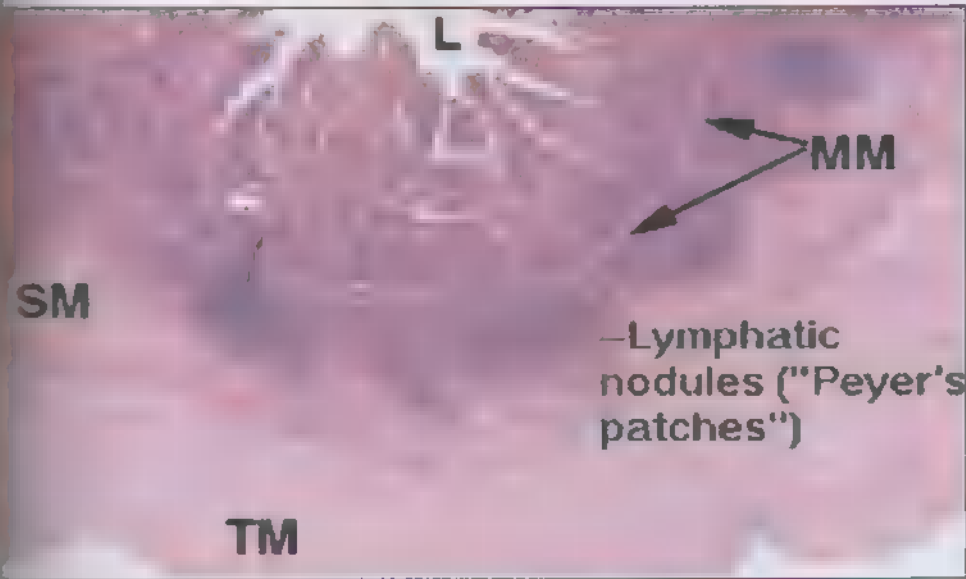
تشكل الصفيحة المخصوصة من نسيج ضام طري غني بالأوعية الدموية والأوعية اللمفاوية الأعصاب والخلايا العضلية الملساء. ويوجد تحت الصفيحة القاعدية طبقة من الخلايا اللمفاوية المنتجة للأجسام المضادة، إضافة إلى خلايا أكولة كبيرة، وتشكل بذلك حاجزاً مناعياً ضد الأجسام الغريبة. وتخرق الصفيحة المخصوصة لب خملات الأمعاء، وتحمل معها الأوعية اللمفاوية والدوية والأعصاب والخلايا العضلية الملساء. وتقوم الخلايا الأخيرة بتحريك الخملات وهذا ما يزيد في كفاءة عملية الامتصاص.

وفي الجزء الأول للإثني عشر تحتوي الطبقة تحت المخاطية تجمعات غدد تحت المخاطية submucosal glands أو غدد برونر Brunner's glands (شكل 28). وتطلق هذه الغدد مادة لزجة تقي الغشاء المخاطي للأمعاء من تأثيرات الحامض المفرز في المعدة. كذلك تهين هذه المادة وسطاً بدرجة حموضة مناسبة لعمل إنزيمات البنكرياس. وفي اللقائفي ileum تحتوي الطبقة تحت المخاطية تجمعات لمقيدات لمفاوية تسمى بقع باير Peyer's patches (شكل 29). وتظهر كل بقعة كمجموعة مقببة تغطي بخلايا M. أما الطبقة العضلية، فهي داخلية دائرية وخارجية طولية، ويوجد بين الطبقتين نسيج عصبي (شكل 31).



(شكل 28) صورة مجهرية ضوئية لقطع عرضي في الإثني عشر. لاحظ غدد برونر (الغدد

تحت المخاطية) التي تحتل قسماً كبيراً من الطبقة تحت المخاطية



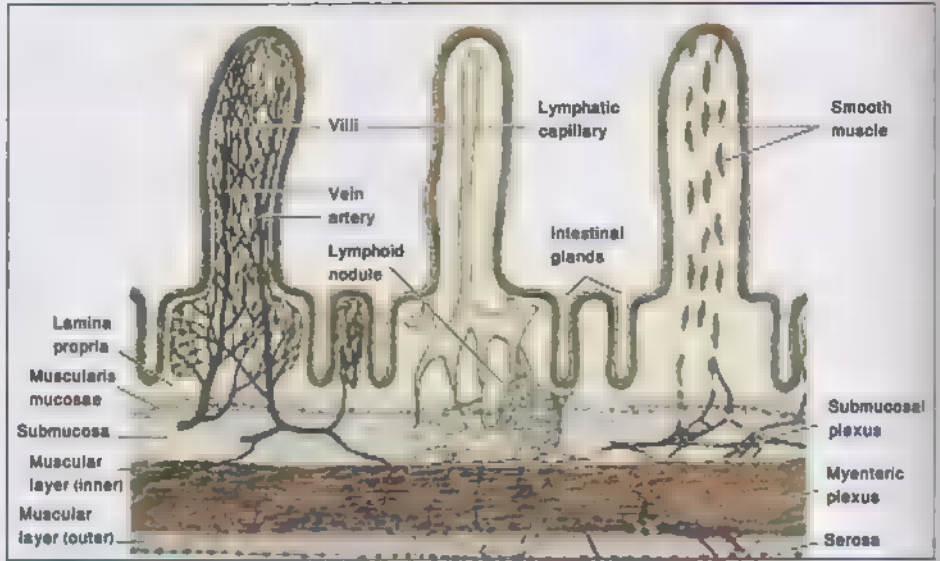
(شكل 29) صورة بالمجهر الضوئي لقطع عرضي في اللغائفي تبين بقع باهر. لاحظ التجويف (L) والمضلة المخاطية (MM) وتحت المخاطية (SM) والطبقة العضلية (TM).

3.5 أوعية الأمعاء الدقيقة

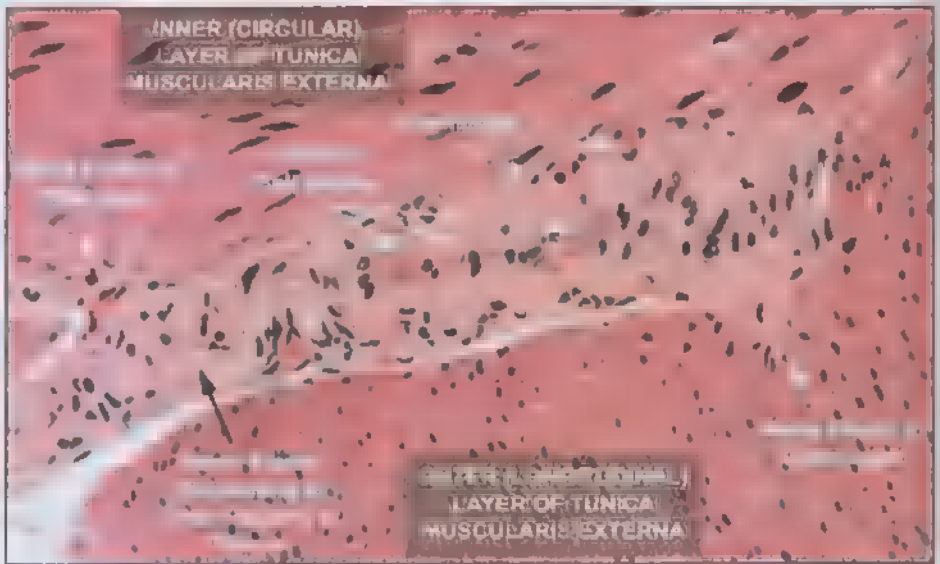
تخترق الأوعية الدموية التي تغذي الأمعاء، المنطقة العضلية لتشكل ضفائر في الطبقة تحت المخاطية (شكل 30). وتمتد من هذه الضفائر تفرعات تستقر في الخملات، حيث تشكل هنا شعيرات شبكية تحمل نواتج هضم السكريات والبروتينات. وعند طرف كل خملة، تخرج من شبكة الشعيرات ورئدات تمتد بعيداً باتجاه أوردة في المنطقة تحت المخاطية. ويوجد في لب كل خملة أوعية لمفاوية، تدعى اللواين lacteals، تتجه نحو الطبقة تحت المخاطية حيث تحيط بمقبيل لمفاوية (شكل 30). وتتشابك هذه اللواين ثم تخرج من الأمعاء مع الأوعية الدموية لتحمل نواتج هضم الدهون.

4.5 أعصاب الأمعاء الدقيقة

تمصّب الأمعاء الدقيقة بأعصاب تكوّن ضفيرة أورباخ Auerbach's plexus بين الطبقتين العضليتين الخارجية الطولية والداخلية الدائرية في جدار الأمعاء (شكل 31). كذلك توجد ضفيرة مايزنر Meissner's plexus في المنطقة تحت المخاطية. وتحتوي هذه الضفائر بعض العصبونات التي تستلم معلومات عن الطبيعة الكيميائية لمحتوى الأمعاء. وتحتوي الأمعاء الدقيقة أيضاً عصبين parasymphathetic تفرز أستيل كولين ليحفز انقباض العضلات المعوية، إضافة إلى ألياف عصبية ودية sympathetic تطلق أدرنالين، الذي يشبط انقباض تلك العضلات.



(شكل 30) رسم يبين الدورة الدموية والدورة اللمفاوية والأعصاب والعضلات في الأمعاء الدقيقة.



(شكل 31) صورة مجهرية ضوئية تبين ضفائر عصبية بين الطبقتين العضلتين في جدار الأمعاء الدقيقة.

5.5 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة

بعد بدء هضم البروتينات في المعدة بفعل إنزيم بيسين، يستكمل هذا الهضم في الأمعاء الدقيقة بإنزيمات تريسين *trypsin*، وكايموتريبسين *chymotrypsin*، وكاربوكسي ببتيديز *carboxy peptidase* القادمة من البنكرياس. ويتميز الأمر بإنزيمات ببتيديز ثنائية *dipeptidase* التي تنهي عملية هضم البروتينات إلى أحماض أمينية.

يستكمل هضم الكربوهيدرات في الأمعاء الدقيقة بفعل إنزيمات سكرية sucrose و maltase ولاكتيز lactase التي تنتجها الغدد الإمتصاصية للأمعاء الدقيقة، ثم تنقل عن النواتج إلى شعيرات دموية في الخملات، لتصل لاحقاً إلى أوردة تصب في الوريد الكبدي البوابي hepatic portal vein. حيث يتم معالجتها هنالك. أما الدهون، فتهضم بتأثير إنزيم lipase القادم من البنكرياس، وبسهولة من الصفراء bile التي تطلقها المرارة. حيث تتم عملية استحلاب emulsification الدهون. وتعتبر نواتج هضم الدهون أغشية الخلايا المبطننة للأمعاء الدقيقة، حيث يعاد تصنيع الجليسيريدات الثلاثية triglycerides في تلك الخلايا. وبعد تعبئة بطبقة بروتينية نحيفة داخل أجسام جولجي، تنقل تلك الدهون المغلفة، والتي يطلق عليها اسم دقائق كيتوسية chylomicrons، إلى لوابن lacteals، تصب في أوعية لمفاوية أكبر، تصير في نهاية المطاف إلى القلب.

6. الأمعاء الغليظة Large Intestine

تسمى هذه الأمعاء ب القولون colon، ويبلغ طولها حوالي 150 سم. تبدأ هذه الأمعاء عند الصمام الفاصل بين اللعائني ileum والأعور caecum، وتنتهي ب المستقيم rectum. وينقسم القولون من جزء ساعد ascending وآخر مستعرض transverse وثالث هابط descending (شكل 32)، ويتسم بالصفات النسيجية التالية:

أ. يحتوي غدداً غنية بأعداد كبيرة من الخلايا الكأسية المخاطية (شكل 33) والخلايا الإمتصاصية. والخلايا الأخيرة عمادية الشكل لها خملات دقيقة وقصيرة تزيد من مساحة الأمعاء الغليظة في امتصاص الماء. أما الخلايا الكأسية فتنتج مادة مخاطية تلبس سطح الأمعاء الغليظة وتقلل من تهتكها.

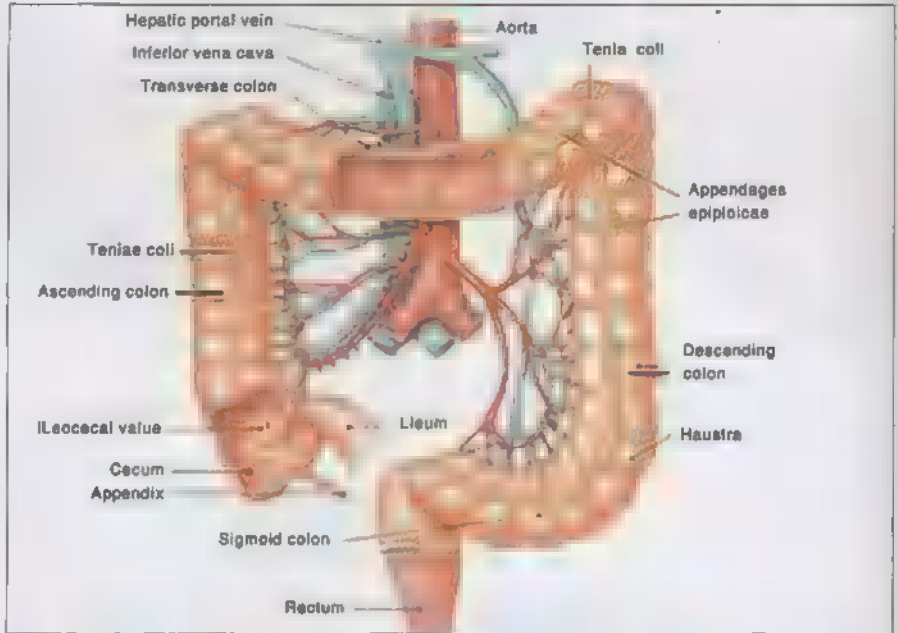
ب. لا تحتوي البطانة أية ثنايا باستثناء الجزء الأخير (المستقيم)، حيث لا توجد خملات عمادية. ج. الصفيحة المخصوصة غنية بالخلايا والمقيدات اللمفاوية التي غالباً ما تمتد في الطبقة تحت المخاطية، وتعود وفرة هذا النسيج اللمفاوي لوجود أعداد كبيرة من البكتيريا في الأمعاء الغليظة.

د. تتشكل الطبقة العضلية من ألياف طولية وأخرى دائرية. غير أن الألياف العضلية الخارجية تختلف عن مثيلاتها في الأمعاء الدقيقة، في كونها تنتظم في ثلاث حزم مستديرة غليظة تدعى شرائط القولون teniae coli (شكل 32، 33).

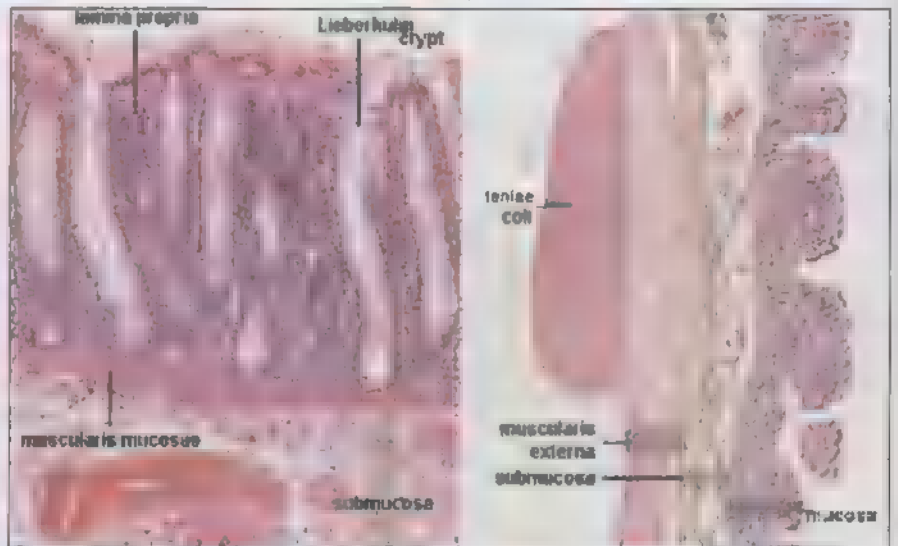
هـ. تظهر في الطبقة العضلية بروزات بندولية الشكل مكونة من نسيج دهني، تدعى البروزات التريبية appendages epiploicae (شكل 32).

و. يشكل الغشاء المخاطي في منطقة الشرج عدة ثنايا طولية تدعى أعمدة مورجاني الشرجية rectal columns of Morgagni.

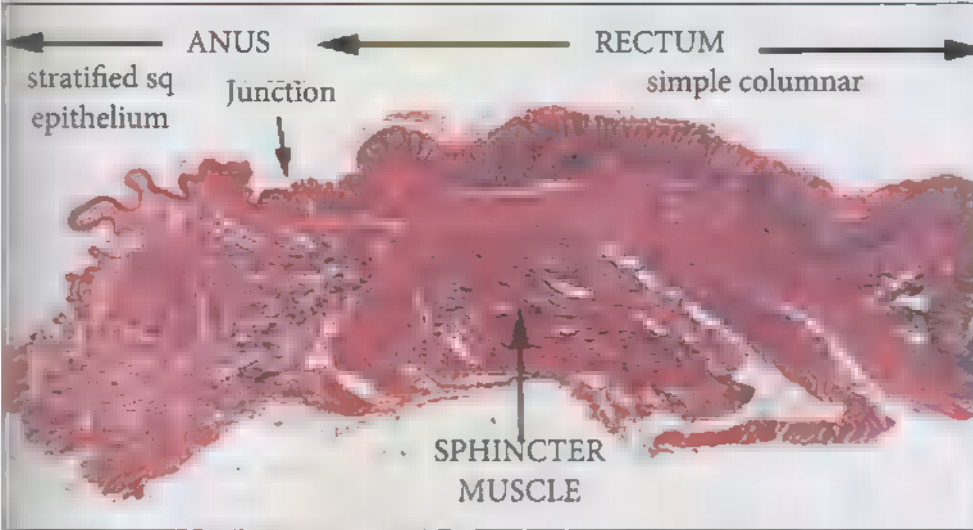
تتحول البطانة من نسيج عمادي بسيط rectum في المستقيم إلى نسيج طبقي حرشفي وذلك قبل فتحة الشرج anus بجوالي 2 سم (شكل 34).. وتحتوي الصفيحة المخصوصة في هذه المنطقة جديلة من أوردة كبيرة يتأتى عن تمددها داء البواسير hemorrhoids.



(شكل 32) رسم يبين مكونات القولون



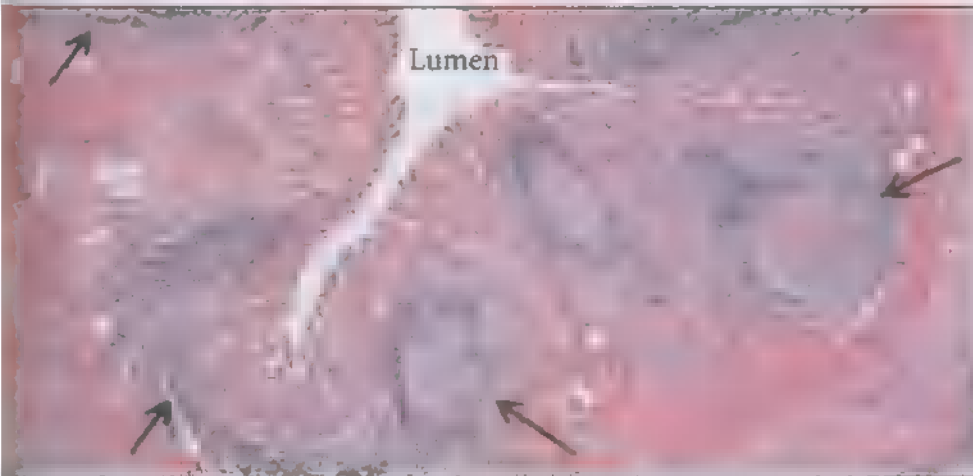
(شكل 33) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في جدار القولون. لاحظ شريط القولون الذي يمثل أحد ثلاث حزم من الألياف العضلية الخارجية (يمين). كذلك، لاحظ الأعداد الكبيرة من الخلايا الكأسية في الطبقة المخاطية (يسار)



(شكل 34) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي تبين الانتقال من نسيج عمادي بسيط إلى نهاية المستقيم إلى نسيج طليقي في الشرج

7. الزائدة الدودية Vermiform Appendix

هذه انبعاث للأعور، وتتصف بتجويف صغير ضيق وغير منتظم، وذلك نتيجة وجود عقيدات لمفاوية كثيرة في جدارها (شكل 35). ومن حيث التركيب النسيجي، فإن الزائدة الدودية تشبه الأمعاء الغليظة، غير أنها تحتوي غداً أقل وأقصر، ولا يوجد في جدارها شرائط قولونية. ونظراً لأن محتوى الزائدة الدودية لا يتجدد، فإنها غالباً ما تكون عرضة للالتهاب الذي قد يتطور إلى حد يؤدي إلى التهاب تجويف البطن.



(شكل 35) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في الزائدة الدودية. لاحظ العقيدات اللمفاوية (أسهم) التي تشغل الطبقة تحت المخاطية

8. تجدد بطانة الأنبوب الهضمي

نظرا للاحتكاك الدائم بين بطانة الأنبوب الهضمي والطعام الذي يمر فيه، فإن خلايا هذه البطانة تتعرض للتهتك المتواصل. ولتدارك عواقب هذا الأمر، تنشط الخلايا غير المتمايزة والمنتشرة على طول بطانة هذا الأنبوب وتنقسم باستمرار، ثم تكتسب تخصصا وظيفيا لتعويض ما يفقد من خلايا. وتقدر الفترة اللازمة لتجديد خلايا الأمعاء والأسطح العليا لغدد المعدة بـ 3-6 أيام. وهذا ما يفسر تعرض مرضى السرطان الذين يعالجون كيميائيا بمواد مثبطة لانقسام الخلايا إلى الإسهال وفقدان السوائل بسبب تهتك الخلايا وفقدان قدرتها الامتصاصية للماء والمواد الغذائية.

الفصل الثاني عشر

الأعضاء الملحقة بالأنبوب الهضمي

Organs Associated with The Digestive Tube

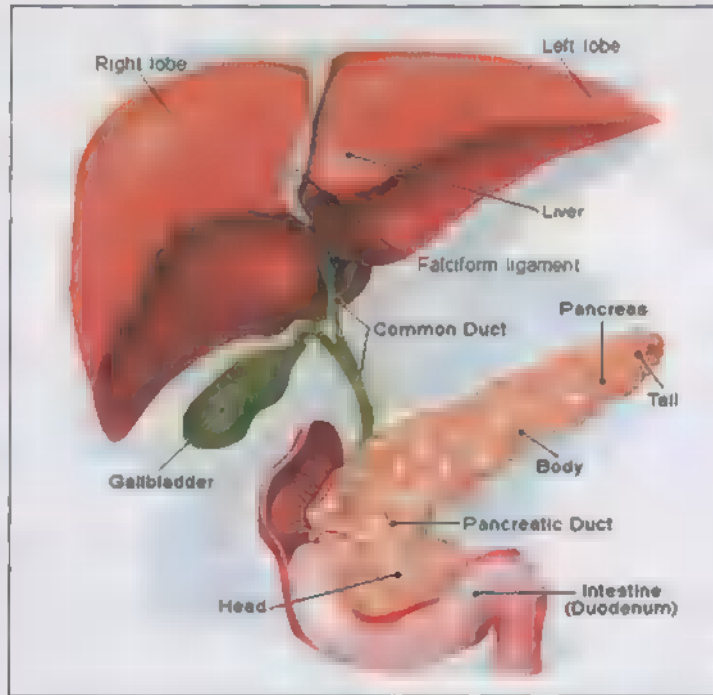
1. الكبد 237
2. المرارة 247
3. البنكرياس 249
4. الغدد اللعابية 253

12

ذكرنا في الفصل السابق أن الجهاز الهضمي يشمل الأنبوب الهضمي وأعضاء أخرى مرتبطة به. وهذه الأعضاء هي: الكبد liver، والبنكرياس pancreas والمرارة gall bladder والغدد اللعابية salivary glands. وتعالج هذه الأعضاء في هذا الفصل، مبتدئين بالكبد.

1.1 الكبد The Liver

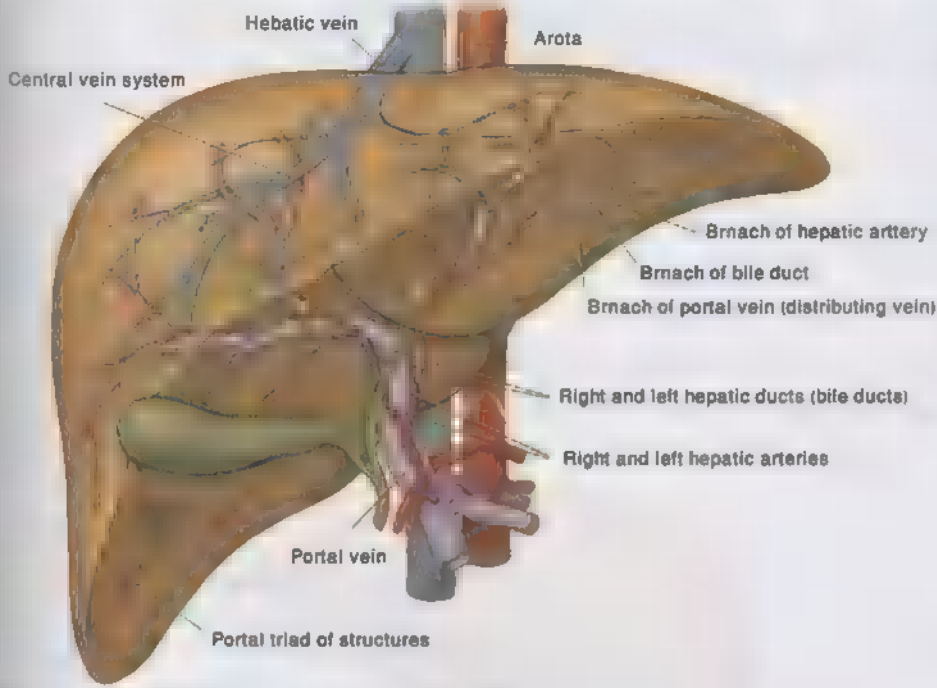
الكبد أكبر عضو في جسم الإنسان بعد الجلد، كذلك فهو أكبر غدة. يقع الكبد في تجويف البطن تحت الحجاب الحاجز، ويزن حوالي 1.5 كغ. ويتكون الكبد من فصين أيمن right lobe كبير وفص أيسر left lobe أصغر يتصلان برباط منجلي falciform ligament (شكل 1). وللكبد لون أحمر داكن، ويحاط بطبقة رقيقة من النسيج الضام. والكبد غدة صماء تفرز عدة مواد إلى الدم، وكذلك فهي غدة قنوية تطلق الصفراء عبر قناة تصل المرارة، ومن هناك إلى الإثني عشر.



(شكل 1) رسم يبين الكبد وعلاقته بالمرارة والبنكرياس والإثني عشر

1.1 التركيب

يفطى الكبد بكبسولة رقيقة تتغلظ عند النقيير hilum حيث يدخل الشريان الكبدي hepatic artery والوريد البابي portal vein. وتخرج القنوات الكبدية والأوعية اللمفاوية (شكل 2)، وتحاط هذه الأوعية والقنوات بنسيج ضام من بداياتها وحتى بلوغها فصيصات الكبد liver lobules التي تدعم بشبكة ليفية.

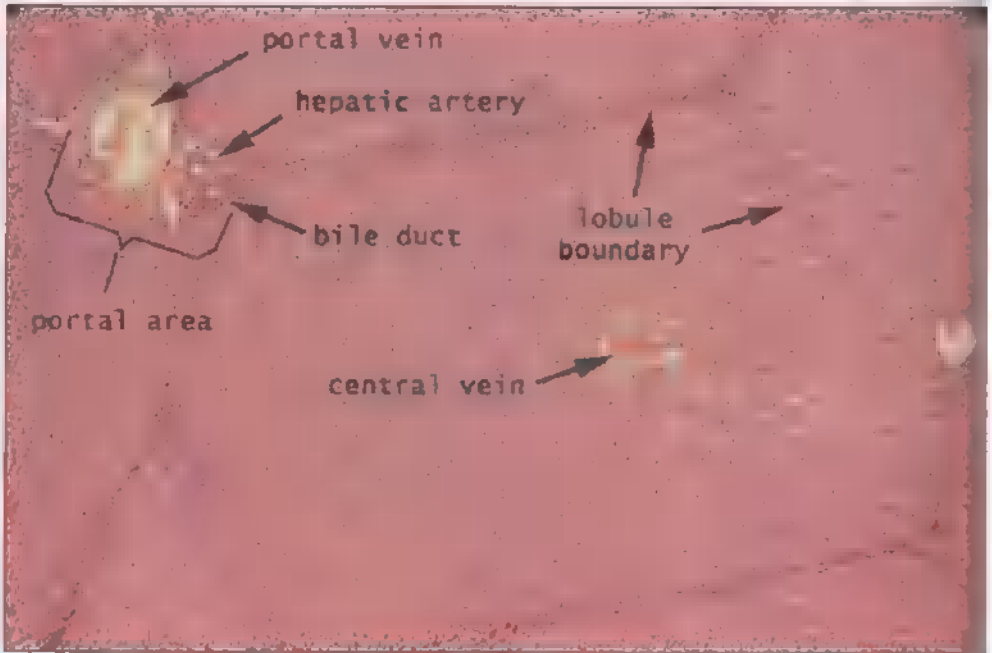


(شكل 2) رسم يبين علاقة الكبد بالأوعية الدموية الرئيسية والمرارة وقنواتها

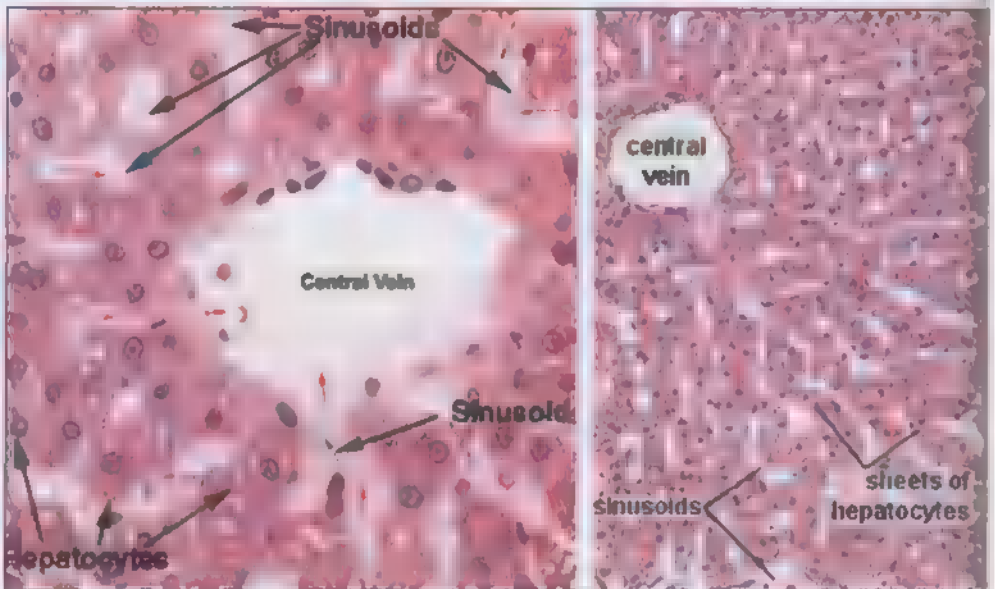
1.1.1 فصيصات الكبد Liver Lobules

عند دراسة الكبد بالمجهر الضوئي، تظهر وحدات تركيب مكررة متعددة الأضلاع تدعى فصيصات lobules. قد تنفصل عن بعضها البعض بنسيج ضام، أو قد تكون متراسة يصعب فصلها، كما في الإنسان (شكل 3). والفصيص كتلة من صفائح كبدية liver plates تتكون من خلايا كبدية hepatocytes (شكل 4) تنتشر بطريقة شعاعية، بحيث تكون طبقات بسمك خلية أو اثنتين. وتتجه هذه الصفائح من محيط الفصيص إلى مركزه، وقد تتشابك لتكون تركيب اسفنجي. وتحتوي الحيزات بين الصفائح الكبدية شعيرات جيبية sinusoids (شكل 4). كما تحدثنا عنها في فصل سابق. وتوجد عند زوايا كل فصيص حيزات كبدية portal spaces تحتوي ثلاثيات بابية portal triads. يتكون كل منها من شريان كبدي hepatic artery، ووريد بابي portal vein وقناة صفراء bile duct (شكل 3-5)، وتحاط كل هذه التراكيب بغمد من النسيج الضام.

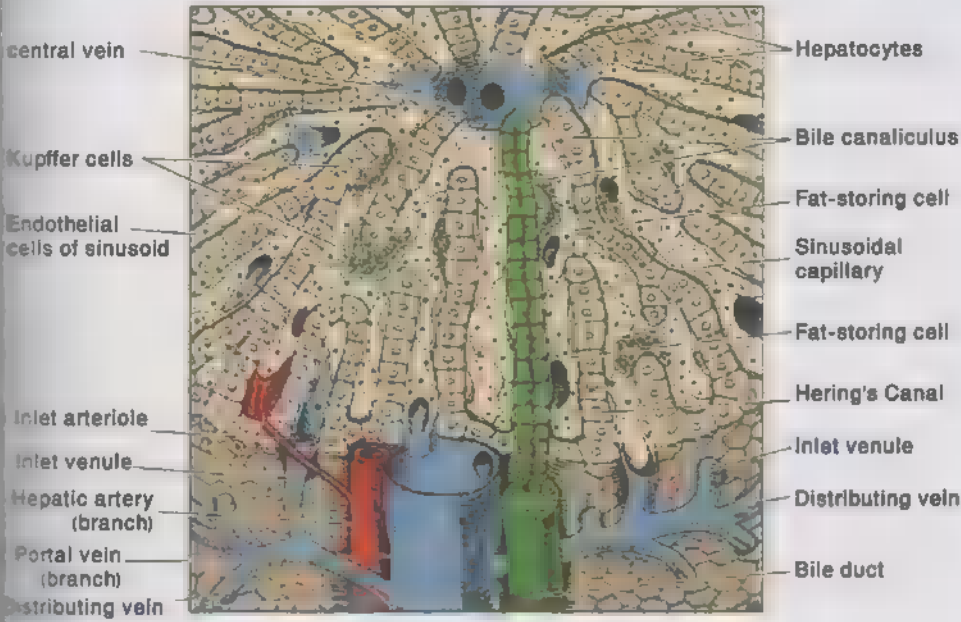
12



(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية تبين فصيصا كبديا، ويظهر في الشكل إحدى زواياه وفيها خالوث بابي يحتوي شريان كبدي ووريد كبدي وقناة مرارة



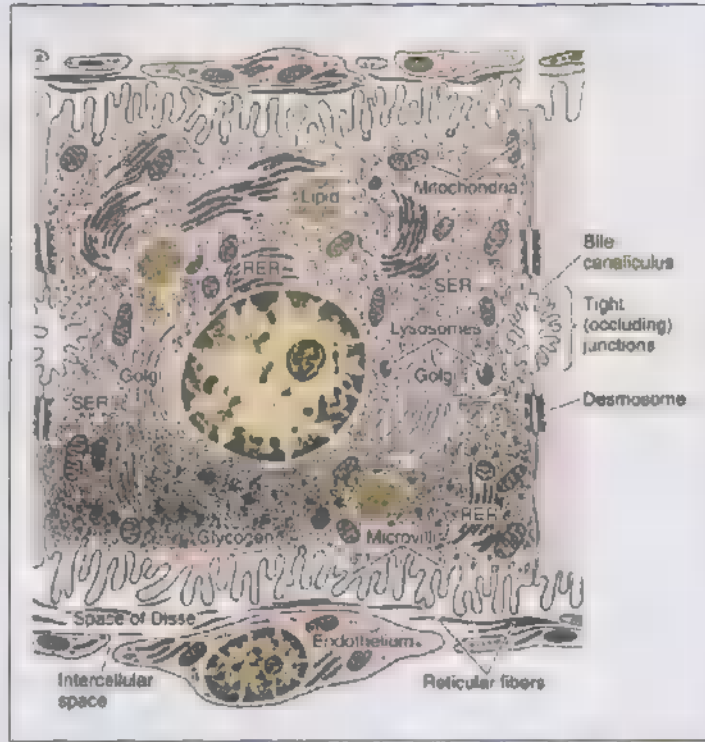
(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية لجزء من فصيص (يمين) وصورة مكبرة لمركز فصيص (يسار) يحتوي في وسطه وريد مركزي وتظهر حوله حبال من خلايا كبدية وشعيرات جيبية بشكل شعاعي.



(شكل 5) رسم يبين جزءاً من فصيص كبدي. لاحظ النظام الشعاعي لانتشار خلايا الكبد وشعباته الجيبية حول الوريد المركزي إضافة إلى الأوعية الرئيسية

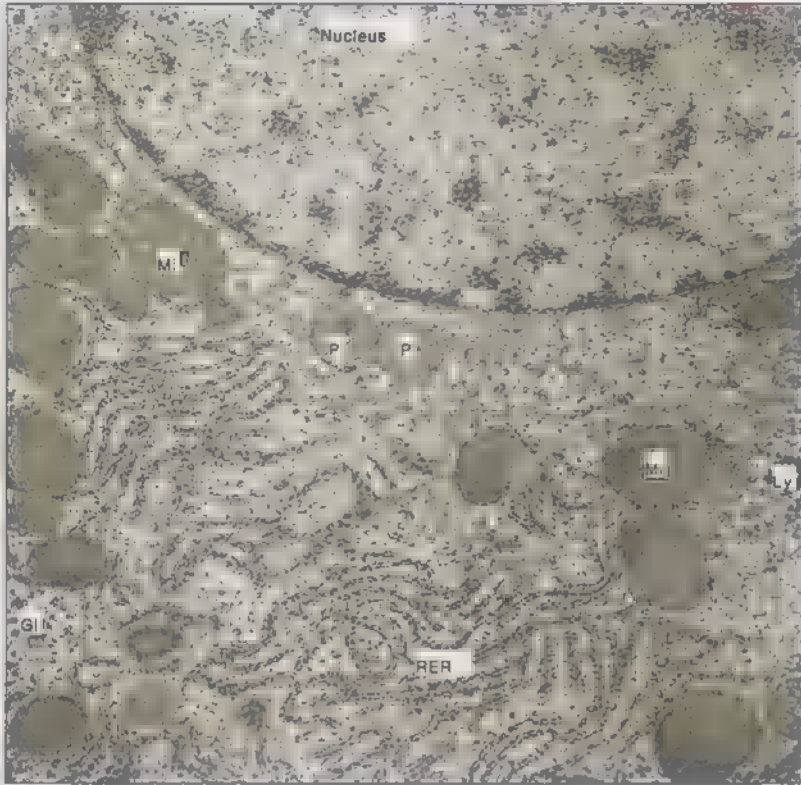
2.1.1 خلايا الكبد Hepatocytes

هذه خلايا متعددة الأضلاع، يتراوح قطرها بين 20 و 30 μm ، لها نواة ذات كروماتين منتشر وتحتوي أعداداً كبيرة من الميتوكوندريا التي يقدر عددها في الخلية الكبدية الواحدة بحوالي 2000 (شكل 6-7). ويصل عدد أجسام جولجي في الخلية الواحدة حوالي 50، وتساهم هذه الأجسام في تكوين الأجسام الحالة وإفراز البروتينات، مثل ألبومين *albumin*، وبروتينات كربوهيدراتية مثل ترانسفيرن *transferrin*، وبروتينات دهنية مثل البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة *very low density lipoproteins VLDL*. كذلك، تحتوي الخلية الكبدية شبكة إندوبلازمية خشنة، من النوعين الخشن والأملس (شكل 7.6). وتشكل الشبكة الخشنة تجمعات تساهم في تصنيع عدة بروتينات من أهمها ألبومين *albumin* ومونوفايبرين *fibrinogen*، وتقوم الشبكة الخشنة بإزالة السموم التي تنتشر في السيتوبلازم بعدة وظائف أبرزها الأكسدة والربط لتنشيط أو إزالة سموم بعض المواد قبل إخراجها من الجسم.



(شكل 6) رسم يبين التركيب الدقيق لخلية كبدية. RER = شبكة إندوبلازمية خشنة: SER = شبكة إندوبلازمية ملساء. لاحظ الأعداد الكبيرة من الميتوكوندريا وأجسام جولجي والكروماتين المنتشرة في النواة وفتحات الصفراء بين الخلايا المتجاورة. كذلك. لاحظ وفرة الخملات الدقيقة على سطحي هذه الخلية.

يوجد في الخلية الكبدية نواة كروية أو إثنين، تحتوي كل منها على نوية أو إثنين. ويحتوي سيتوبلازم الخلايا الكبدية كميات وافرة من جلايكوجين glycogen الذي يظهر على هيئة حبيبات خشنة داخل الشبكة الإندوبلازمية الملساء والخشنة (شكل 6. 7). ويعمل الجلايكوجين كمستودع للجلوكوز، حيث يقل أو يزداد في الخلايا الكبدية اعتماداً على نقصان أو زيادة تركيز الجلوكوز في الدم عن المستوى الطبيعي.



(شكل 7) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لجزء من خلية كبدية تظهر شبكة إندوبلازمية خشنة واهرة وعدة ميتوكوندريا (Mi) وحبيبات جلايكوجين (Gl) وكروماتين منتشر في النواة.

لخلايا الكبد أسطح حرة وأخرى متاخمة لأسطح خلايا مجاورة. وتحمل الأسطح الحرة عدة خملات دقيقة تطل على حيز دسي Space of Disse (شكل 6) الذي يحتوي شعيرات جيبية وخلايا كوپفر Kupffer cells التي تفكك خلايا الدم الحمراء الهرمة، كما توجد خلايا مخزنة للدهون (شكل 5). ونظراً لأن جدر الشعيرات الجيبية مثقبة، فإن سوائل الدم ترشح عبر تلك الجدر لتصل مباشرة إلى أسطح الخلايا الكبدية لتسهل بذلك تبادل الجزيئات الكبيرة بين الدم وتلك الخلايا. فمثلاً، تضخ الكبد إلى الدم جزيئات هامة تشمل مولد الفايبرين fibrinogen، وألبومين albumin، والبروتينات الدهنية lipoproteins. أما أغشية خلايا الكبد المتجاورة، فإنها تكوّن بينها قنوات صفراء bile canaliculi يتراوح قطرها بين 1-2 μm ، ويوجد بين أغشية تلك الخلايا روابط محكمة tight junctions وروابط فجوية gap junctions تسمح بتبادل المواد بينها (شكل 8-6).



(شكل 8) صورة مجهرية إلكترونية لمنطقة اتصال بين خلتي كبد متجاورتين (C1 و C2) تشكل قنية صفراء (BC). لاحظ الأجسام الرابطة بين الخليتين (أسهم)، والخمالات الدقيقة (رؤوس أسهم).

وتشكل القنيات المذكورة شبكة بين الصفائح الكبدية تنتهي في الهياكل البابية portal spaces في كل فصيص، وبذلك تتدفق الصفراء من مركز الفصيص إلى محيطه. وفي الموقع الأخير تدخل الصفراء قناة هرنج Hering's cannal ومنها تنتقل إلى قنوات صفراء bile ducts (شكل 5) في الثالوثات البابية portal triads ومن ثم إلى قناتي الكبد hepatic ducts اليمنى واليسرى (شكل 5).

3.1.1 تزود الكبد بالدم Blood Supply to Liver

يصل الدم إلى الكبد من مصدرين هما: الوريد البابي portal vein الذي يحمل دماً قادماً من الأحشاء يكون غنياً بالمواد الغذائية وفقيراً بالأكسجين، والشريان الكبدي hepatic artery الذي ينقل دماً غنياً بالأكسجين (شكل 2)، وفيما يلي معالجة مبسطة للنظامين. أ. النظام الوريدي البابي Portal Vein System: بالرجوع إلى (الشكل 5) يتبين لنا أن الوريد البابي portal vein يتفرع عدة مرات ليكون وريداً بابية portal venules تصل إلى الثالوثات البابية portal triads، وتتفرع تلك الأوعية إلى أوردة موزعة distributing veins تفطي محيط كل فصيص. وتنشأ من الأوعية الأخيرة وريداً مدخلة inlet venules تصب في الشعيرات الجيبية sinusoids التي تتوزع داخل الفصيص (شكل 5). وللوريد الأخير جدار رقيق جداً يتشكل من خلايا بطانية فقط تدعمها ألياف كولاجين مبعثرة. ويمروره في الفصيص يتسلم الوريد المركزي central vein المزيد من الشعيرات الجيبية ويزداد تفلظاً. ويخرج هذا الوريد من قاعدة كل فصيص حيث يندمج مع وعاء أكبر يسمى الوريد تحت الفصي sublobular. وتتقارب عدة أوردة تحت فصية وتندمج فيما بعد لتكون وريدي كبد hepatic veins أو أكثر، يصبان في الوريد الأجوف السفلي inferior vena cava.

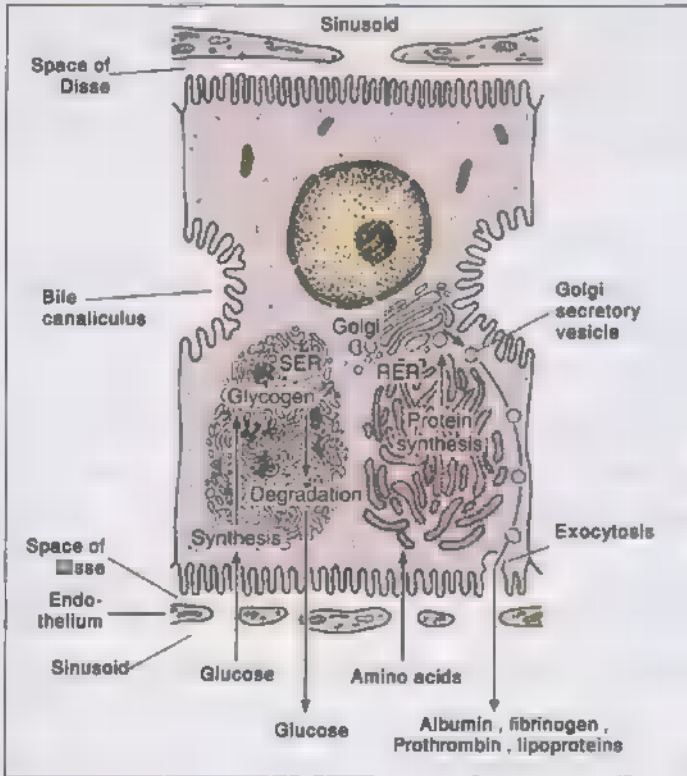
ب. النظام الشرياني Arterial System: يتفرع الشريان الكبدي عدة مرات ليكون شرايين بين فصية intelobular arteries، يصب بعضها في القنوات البابية بينما يكون بعضها الآخر شريينات مدخلة inlet arterioles التي تصب مباشرة في الشعيرات الجيبية. وهكذا تصبح شعيرات الكبد أماكن تجميع الدم الشرياني والوريدي.

2.1 وظائف الكبد

خلايا الكبد من أكثر خلايا الجسم نشاطاً. فهي ذات نشاط غدي متنوع، إضافة إلى أنها تزيل سمية العديد من المواد. وفي ما يلي أبرز وظائف الخلايا الكبدية:

أ. تصنيع البروتينات

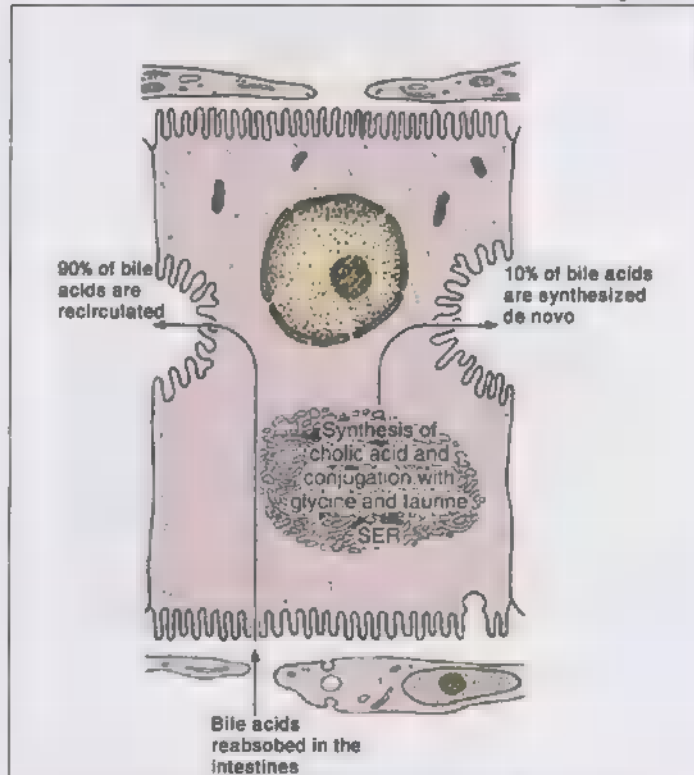
يصنع الكبد عدة بروتينات، يستعمل بعضها في الأنشطة الذاتية للكبد، ويرسل بعضها الآخر، مثل البومن albumin وبروثرومين prothrombin ومولد فايبرين fibrinogen والبروتينات الدهنية lipoproteins إلى بلازما الدم. وتصنع هذه البروتينات في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ثم تصدر إلى الدم (شكل 9).



(شكل 9) رسم يبين تصنيع البروتين وتخزين الكربوهيدرات في خلايا الكبد. لاحظ وفرة شبكتي SER و RER

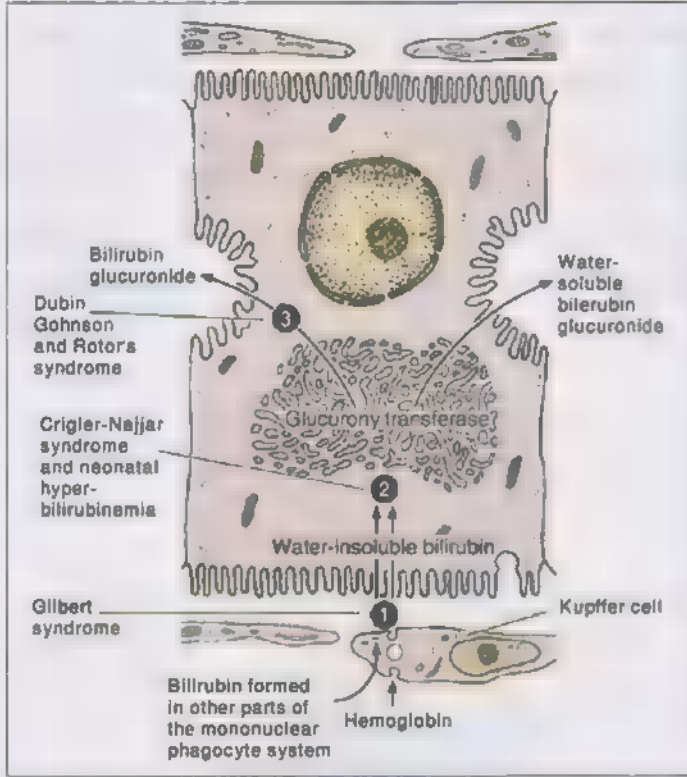
ب- إفراز الصفراء

تستلم خلايا الكبد حوالي 90% من أحماض الصفراء **bile acids** اللازمة لإنتاج الصفراء، وذلك من المواد التي تمتصها الأمعاء الدقيقة والتي تصل إلى الكبد عبر الوريد البابي، وتنتقل هذه الأحماض من الخلايا الكبدية إلى قنات الصفراء (شكل 10). وتصنع 10% من أحماض الصفراء في الشبكة الإندوبلازمية الخساء، وذلك بربط حمض كويك **cholic acid** (الذي يصنع في الكبد من كوليسترول **cholesterol**) مع الحامض الأميني جلايسين **glycine** أو تورين **taurine** (شكل 10). وتعمل أحماض الصفراء على استقلاب الدهون في الأنبوب الهضمي لتسهيل عملية هضمها من قبل إنزيم **lipase** وبالتالي امتصاصها. وتعمل أحماض الصفراء على إذابة الكوليسترول وتسهيل إخراجها من الجسم. وإذا حدث خلل في مستوى الكوليسترول، فإن ذلك يؤدي إلى تكوين حصوات صفراوية **gallstones** يمكن أن تسد مجرى الصفراء، وهي حالة تؤدي إلى اليرقان **jaundice**.



(شكل 10) رسم يبين آلية تصنيع وإفراز أحماض الصفراء في خلايا الكبد

وتقوم خلايا الكبد، عبر الشبكة الإندوبلازمية الملساء، بربط مادة بايلي روبين bilirubin التي تنشأ من تفكك الهيموجلوبين، بـ حمض جلوكورونيك glucuronic acid لتكوّن بايلي روبين جلوكورونيد bilirubin glucuronide الذي يذوب في الماء ويطلق إلى قتيات الصفراء (شكل 11). وإذا توقف إفراز الصفراء فإن المركب الأخير يتجمع في الدم وينتج عن ذلك اليرقان.



(شكل 11) رسم يبين آلية تصنيع وإفراز بايلي روبين جلوكورونيد.

ج. تخزين مواد كيميائية

يخزن الكبد بعض المواد كالدّهون والسكريات التي يزداد تركيزها عن حاجة الجسم. وذلك بهدف تحويلها إلى مصادر طاقة عند الحاجة، واعتماداً على الحالة الفسيولوجية للجسم، تعمل خلايا الكبد على تحويل الجلوكوز الفائض إلى جلايكوجين حيث يتم تخزينه، كذلك تفكك هذا الجلايكوجين إلى جلوكوز عند الحاجة، كما تخزن خلايا الكبد عدة فيتامينات أهمها فيتامين أ.

12

د. التحولات الأيضية

تحول خلايا الكبد بعض الدهون والأحماض الأمينية إلى جلوكوز، بواسطة عدة إنزيمات، وتعمل تلك الخلايا على إزالة مجموعات أمينو من الأحماض الأمينية، وينتج عن ذلك يوريا urea التي تطلق من الجسم عبر الكلية.

هـ. إزالة سمية وتثبيت بعض المواد

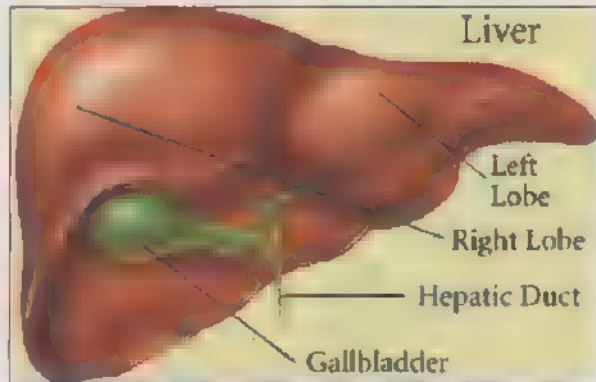
يقوم الكبد بإزالة سمية العديد من المواد الكيميائية وذلك بأكسدها أو بربطها بمواد أخرى، أو بإضافة مجموعات مثل methyl إليها، وذلك بواسطة إنزيمات توجد في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

3. تجديد الكبد

لنسيج الكبد قدرة على التجدد، وذلك بتعويض ما يفقد من أجزائه نتيجة عملية جراحية أو حادث، وهذه القدرة محدودة في الإنسان. وعند تعرض نسيج الكبد للتلف، تحل أنسجة ضامة، وخاصة ألياف كولاجين، محل الخلايا الكبدية، ويصاب الكبد عندئذ بـ التليف cirrhosis.

2. المرارة Gall Bladder

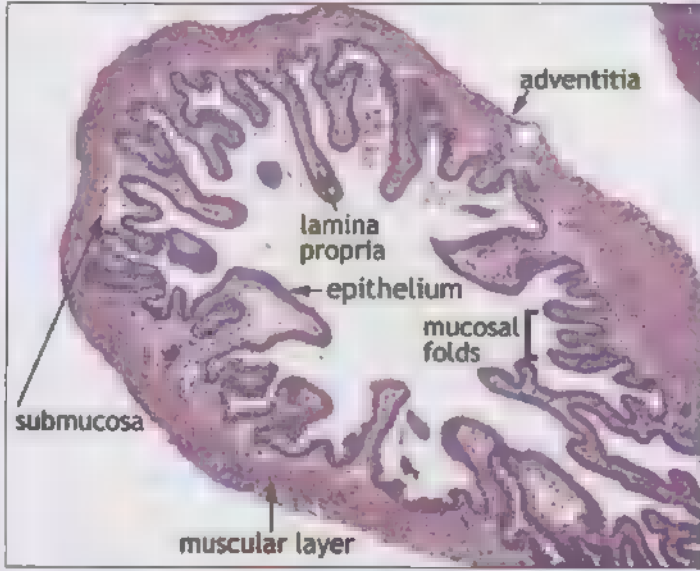
هذه عضو كمثري الشكل، يرتبط بالسطح السفلي للكبد (شكل 12). ويتشكل جدار المرارة من طبقة مكونة من نسيج طلائي عمادي بسيط إضافة إلى صفيحة مخصوصة وطبقة من العضلات الخشنة، وغشاء مصلي خارجي (شكل 13، 14).



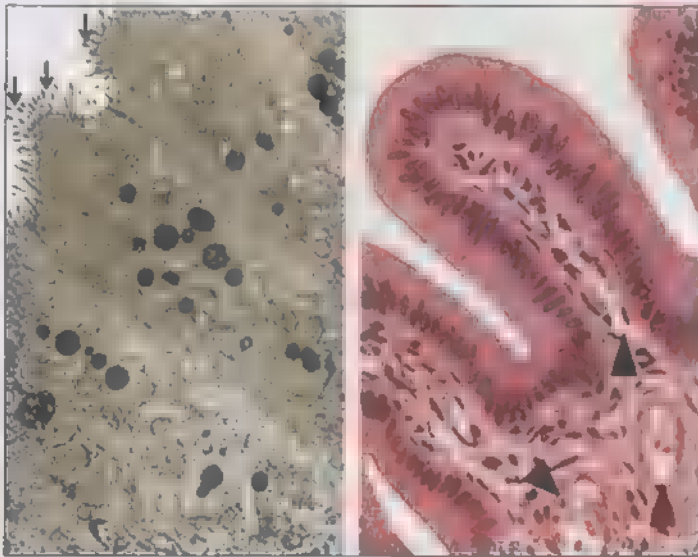
(شكل 12) رسم يبين العلاقة الموضعية بين الكبد والمرارة.

للطبقة المخاطية ثنایا عديدة، تحتوي خلاياها أعداداً كبيرة من الميتوكوندريا وتظهر على قممها خملات دقيقة وافرة (شكل 13، 14). وعند اتصال هذه الطبقة بقناة المرارة تنغمد لتكوّن غدداً أنبوبية غدية tubuloacinar glands تفرز مادة مخاطية في مجرى القناة المذكورة.

والطبقة العضلية في المرارة رقيقة (شكل 13). وتكون معظم خلاياها دائرية التنظيم. ويرتبط السطح العلوي للمرارة بالكبد بواسطة طبقة من النسيج الضام الكثيف، بينما يغطي السطح المقابل بغشاء مصلي رقيق.



(شكل 13) صورة مجهرية ضوئية لمقطع بين جدار وتجويف المرارة. لاحظ ثيايا الطبقة المخاطية والطبقة العضلية الرقيقة



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية لإحدى ثيايا الطبقة المخاطية في جدار المرارة (يمين). لاحظ وفرة الأوعية الدموية (راس سهم) في تحت المخاطية، وصورة مجهرية إلكترونية (يسار) تبين خملات دقيقة (أسهم) على أسطح خلايا المخاطية

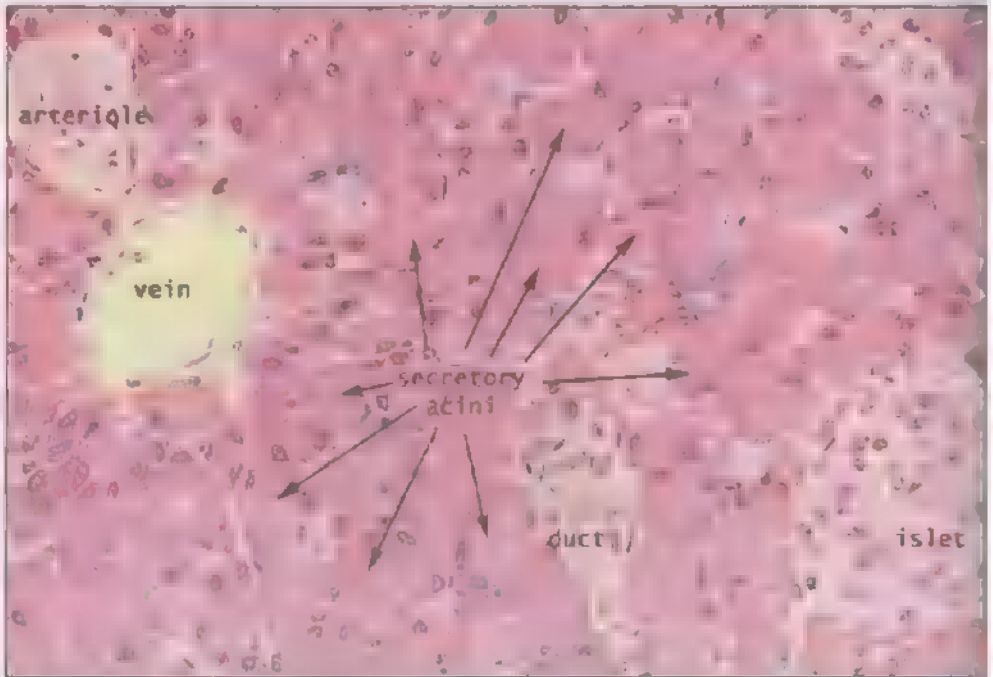
12

تتمثل الوظيفة الأساسية للمرارة بتخزين وتركيز الصفراء ثم إطلاقها إلى منطقة الإثني عشر عند الحاجة. ويعتمد إطلاق الصفراء على انقباض عضلات المرارة عند حفزها بهرمون المنشط للمرارة (كول سيستوكاين) *cholecystokinin*، الذي تنتجه خلايا غدية في الأمعاء الدقيقة. ويعتمد هذا التنشيط على وجود مواد دهنية في هذه الأمعاء.

3 البنكرياس Pancreas

هذه غدة تتكون من جزء قنوي يفرز إنزيمات هضم تنتقل عبر قناة إلى الإثني عشر، حيث تهضم البروتينات والدهون والأحماض النووية. إضافة إلى جزء أصم يفرز هرموني إنسولين *insulin* وجلوكاجون *glucagon* اللذين يضبطان مستوى السكر في الدم.

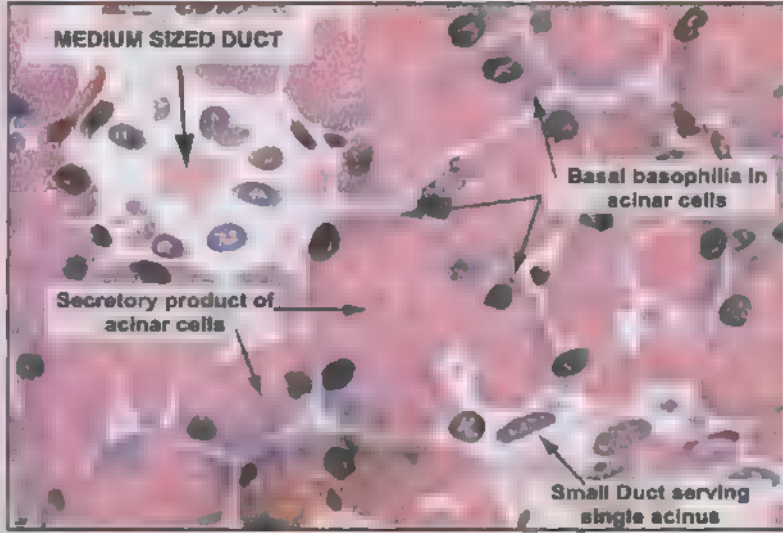
تحاطب البنكرياس بكبسولة من نسيج ضام رقيق يمتد داخل هذه الغدة على هيئة فواصل تقسم البنكرياس إلى عدة فصيصات *lobules*، ويتكون كل فصيص من وحدات قنوية تدعى عنيبات *acini*، تتفصل عن بعضها بجزر لانجرهانس *islets of Langerhans* التي تفرز هرموني إنسولين وجلوكاجون إلى الدم مباشرة (شكل 15.16).



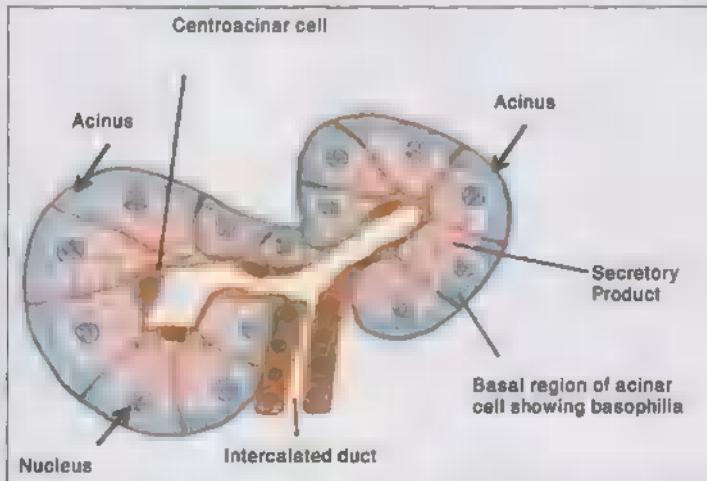
(شكل 15) صورة بالمجهر الضوئي لجزء من البنكرياس يظهر عدة عنيبات وجزر لانجرهانس

3.1 غنبيات البنكرياس Pancreatic Acini

تتكون كل غنبية من عدة خلايا مصلية serous cells تحيط بتجويف (شكل 15-17). ولهذه الخلايا قطبية واضحة، فقاعدتها عريضة وفيها نواة كروية، وقمتها ضيقة، ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات تمثل الإنزيمات المفرزة (شكل 16). وكأي خلايا مفرزة لمواد بروتينية، تحتوي خلايا الغنبية شبكة إندوبلازمية خشنة وميتوكوندريا وافرة إضافة إلى أجسام جولجي متعددة.



(شكل 16) صورة بالمجهر الضوئي تظهر بعض الغنبيات. لاحظ الثوى القاعدية والإنزيمات المفرزة عند قمم الخلايا.



(شكل 17) رسم يبين الشكل الهرمي لخلايا الغنبيات والقنوات التي تنقل الإنزيمات المفرزة التي تظهر عند قمم الخلايا.

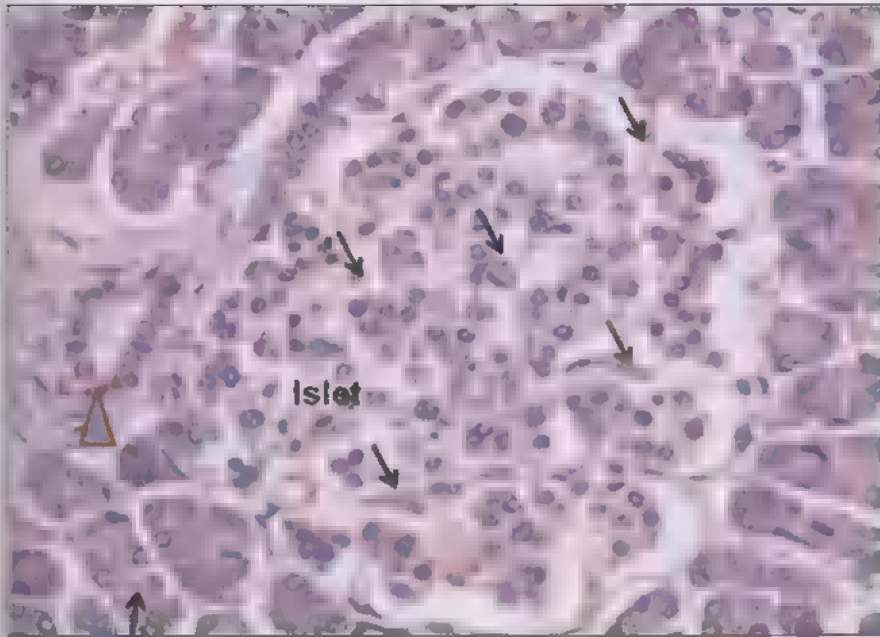
تصب الغنية إفرازاتها في قنوات مدخلة **intercalated ducts** تبطنها خلايا مكعبة. وتخرق تلك القنوات تجويف الغنية بـ خلايا وسط غنية **centroacinar cells** (شكل 17). وتتجمع عدة قنوات مدخلة في قنوات بين فصيصية **interlobular ducts** كبيرة تبطنها خلايا طلائية عمادية بتخللها عدة خلايا كاسية **goblet cells**.

تفرز غنبيات البنكرياس الإنزيمات، وسابقات الإنزيمات **proenzymes** التالية: موند تريپسين **trypsinogen** وموند كايموتريبسين **chymotrypsinogen** وكاربوكسي ببتيداز **carboxypeptidase** التي تهضم البروتينات. وريبونوكلياز **ribonuclease**، وريبونوكلياز منقوص الأكسجين **deoxyribonuclease** التي تهضم RNA و DNA على التوالي، ولايباز **li-pase** الذي يهضم الدهون، والاستياز **elastase** الذي يفك الألياف المرنة في النسيج الضام، وأميلياز **amylase** الذي يهضم السكريات المتعددة.

يخضع إفراز الإنزيمات المذكورة لعمل هرمون سكرتين **secretin** ومنشط المرارة **cholecysto-kinin CCK** اللذين تفرزهما خلايا الإثني عشر، ويحفز الهرمون الأول خلايا البنكرياس لإفراز سائل قاعدي يعمل على تخفيف حامضية الطعام القادم من المعدة، وذلك حتى تنهياً بيئة مناسبة لعمل إنزيمات البنكرياس. وينشط الهرمون الثاني إطلاق الصفراء من المرارة، ويساعد ذلك في استحلاب **emulsification** المواد الدهنية، وهذا ما يسهل عمل الإنزيم لايبيز. كذلك، فإن تحفيز البنكرياس بـ العصب الحائر **vagus nerve** يساعد في ضبط هذا الإفراز.

2.3 جزر لانجر هانس **Islets of Langerhans**

هذه تجمعات خلوية مطمورة في الجزء القنوي للبنكرياس (شكل 15، 18). ويبلغ عددها في بنكرياس الإنسان حوالي المليون، ويتراوح قطر كل منها بين 100 و 200 μm . وتتكون كل جزيرة من خلايا تنظم على شكل حبال تفصلها شعيرات دموية مثقبة (شكل 18). ويحيط بكل جزيرة كبسولة من ألياف شبكية تفصلها عن غنبيات البنكرياس. وباستعمال طرائق كيميائية مناعية، تمكن العلماء من تحديد أربعة أنواع خلوية في كل جزيرة، هي F. D. B. A التي تختلف في حبيباتها الإفرازية. ففي الإنسان، تكون الحبيبات في خلايا A منتظمة وذات لب داكن ومحيط فاتح. أما حبيبات خلايا B فهي غير منتظمة الشكل، ولها لب يتكون من بلورات إنسولين غير منتظمة. وتشارك الأنواع الخلوية الأربعة في وفرة شبكتها الإندوبلازمية الخشنة وكثرة أجسام جولجي والميتوكوندريا.



(شكل 18) صورة مجهرية ضوئية تظهر جزيرة لانجرهانس محاطة بيمض الغدييات. لاحظ الشميرات داخل الجزيرة (أسهم) والقناة المخططة بين الغدييات (رأس سهم)

تجدر الإشارة إلى أن نهايات أعصاب ودية sympathetic ونظير ودية parasympathetic تتصل اتصالاً وثيقاً بخلايا A, B, D. وتعمل هذه الأعصاب على ضبط إفراز هرموني إنسولين وجلوكاجين. ويبين الجدول التالي أنواع الخلايا في جزر لانجرهانس وهرموناتها.

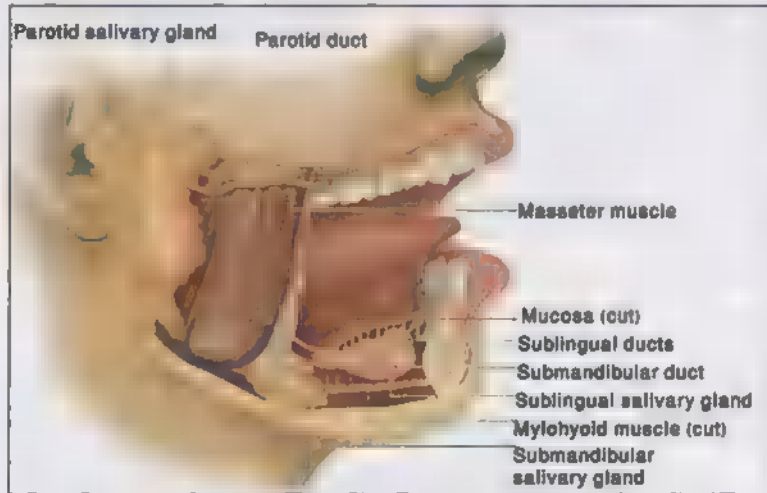
أنواع خلايا جزر لانجرهانس

نوع الخلية	النسبة	الموقع	الهرمون المفرز	وظائف الهرمون
A	20%	محيطي	جلوكاجون Glucagon	رفع مستوى جلوكوز الدم وتشكيل جلايكوجين والدهون لتكوين جلوكوز في عدة أنسجة.
B	70%	مركزي	إنسولين Insulin	تخفيض مستوى جلوكوز في الدم وتحويله إلى جلايكوجين في عدة أنسجة وخاصة الكبد
D	5%	متنوع	سوماتوستاتين Somatostatin	منع إفراز الهرمونات الأخرى
F	نادر	متنوع	بيتيد متعدد	غير محدد

4. الغدد اللعابية Salivary Glands

هذه ثلاثة أزواج من الغدد القنوية التي تفتح في تجويف الفم والتي تفرز اللعاب الذي يؤدي عدة وظائف سنتحدث عنها لاحقاً. وهذه الغدد هي: النكفية parotid، وتحت الفك submandibular وتحت اللسانية sublingual (شكل 19).

تحاط هذه الغدد بكبسولة من نسيج ضام غني بألياف كولاجين، وينشأ من هذه الكبسولة هياكل septae تمتد داخل الغدد لتقسيمها إلى عدة فصيصات lobules. وتدخل الغدد عدة أعصاب وأوعية دموية تتفرع في تلك الفصيصات لتحيط بالأجزاء الإفرازية والقنوية للغدة. وتتكوّن هذه الغدد من نوعين من الخلايا الإفرازية هما: المصلي serous والمخاطي mucous. ونعالج فيما يلي هذين النوعين من الخلايا، إضافة إلى التركيب النسيجي لقنوات هذه الغدد.



(شكل 19) رسم يبين أنواع الغدد اللعابية.

1.4 خلايا الغدد اللعابية

1.1.4 الخلايا المصلية Serous Cells

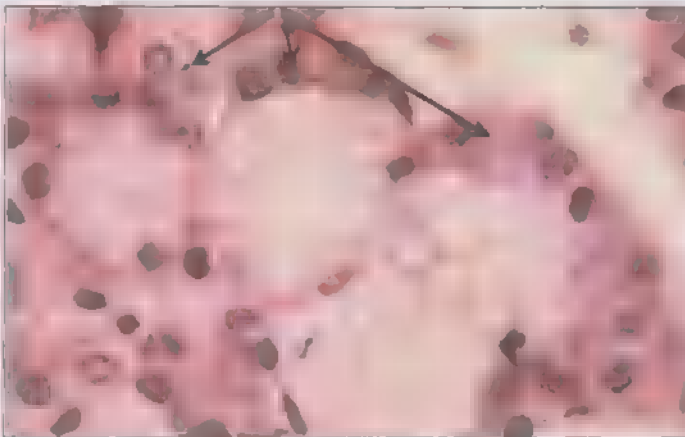
هذه خلايا مخروطية الشكل، لها قاعدة عريضة ترتكز على صفيحة قاعدية، وقمة ضيقة لها عدة خملات دقيقة تطل على تجويف الغدة (شكل 20). وهذه الخلايا شبكات إندوبلازمية خشنة واهرة تقع فوق نوى قاعدية. كذلك تحتوي هذه الخلايا على ميتوكوندريا وأجسام جولجي. وترتبط الخلايا المذكورة بروابط محكمة وأخرى فجوية، إضافة إلى أجسام رابطة. وتشكل عدة خلايا مصلية كتلة خلوية تدعى عنيفة acinus لها تجاويف وسطية.



(شكل 20) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مصلية في إحدى الغدد. لاحظ نوى الخلايا والصفائح القاعدية (سهم) والحبيبات الإفرازية في قعر الخلايا.

2.1.4 الخلايا المخاطية Mucous Cells

يتراوح شكل هذه الخلايا بين المكعب والعمادي، وتشغل نواها مواقع قاعدية، وتكوّن الشبكة الإندوبلازمية الخشنة نسبة كبيرة من سيتوبلازمها. وغالبا ما تنتظم الخلايا المخاطية كأنيبيبات وفي الغدة تحت الفكّية للإنسان، تغطّي نهايات الخلايا المخاطية بخلايا مصلية تشكّل أهلة مصلية serous demilunes (شكل 21). وتحاط الخلايا المخاطية والمصلية وكذلك قنوات الغدد اللعابية بخلايا طلائية عضلية myoepithelial cells يساعد انقباضها بإطلاق إفرازات هذه الغدد (شكل 22).



(شكل 21) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مخاطية تحيط بتوابعها خلايا مصلية تشكّل أهلة (أسهم).

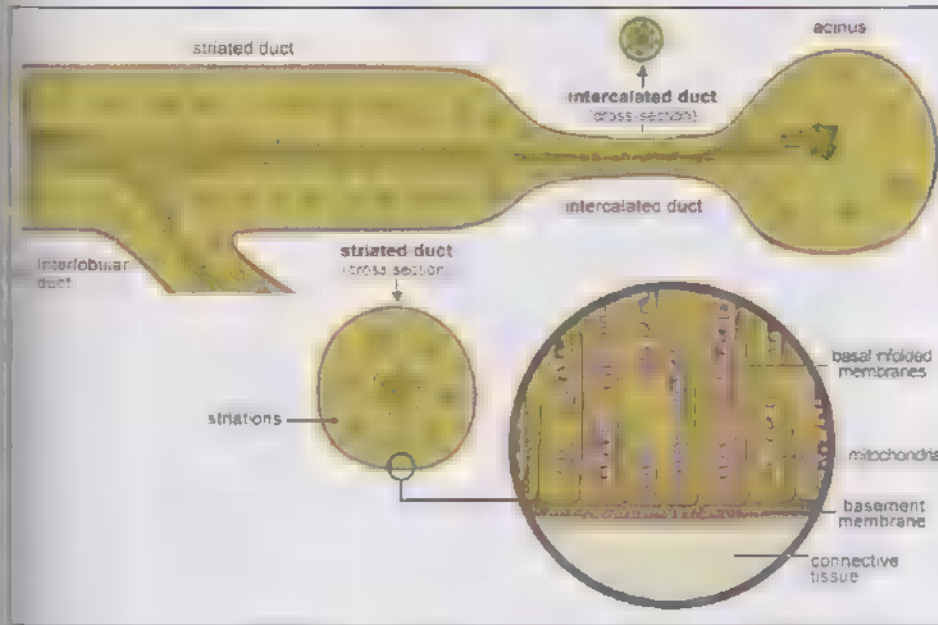


(شكل 22) صورة مجهرية ضوئية تظهر خلايا مخاطية. لاحظ النوى القاعدية والسيثوبلازم الغني بالافرازات المخاطية (أسهم).

4. قنوات الغدد اللعابية

تفرغ النهايات الإفرازية للغدد اللعابية محتوَاها في قنوات مدخلة **intercalated** تبطن بخلايا مكعبة. ويندمج العديد من هذه القنوات لتكوين قناة مخططة **striated duct** (شكل 23).

تتصف خلايا القنوات المخططة بتخطيطات شعاعية تمتد من قواعدها حتى نواها. وتظهر الدراسة المجهرية الإلكترونية أن هذه التخطيطات تمثل ثنايا غشائية تحتوي بينها عدة ميتوكوندريا تتوازي مع تلك الثنايا، وهذه خاصية لخلايا معنية بنقل الأيونات (شكل 23). وتقترب عدة قنوات مخططة من بعضها وتصب في قنوات بين فصيصية **interlobular** توجد في النسيج الضام الذي يفصل جسم الغدة إلى عدة فصيصات. وتبطن الأجزاء الأولية من هذه القنوات بنسيج طلائي طبقي مكعب، غير أن الأجزاء البعيدة تبطن بنسيج طلائي طبقي عمادي. وتلتقي عدة قنوات بين فصيصية في قناة مشتركة واحدة تصب في تجويف الفم مباشرة. وتبطن هذه القناة بنسيج طلائي حرشفي غير متقرن.



(شكل 23) رسم يبين اتصال غدد اللعابية بالقنوات المندخلة التي تصب في قنوات مخطلطة وقنوات بين فصيصية. لاحظ الثنايا الغشائية القريبة من قواعد الخلايا والتي تحتوي بينها وفرة من الميتوكوندريا.

بعد استعراضنا للتركيب النسيجي للأجزاء الإفرازية والقنوية للغدد اللعابية نعالج الآن الأنواع الثلاثة من هذه الغدد، مبتدئين بالغدد النكفية.

4. أنواع الغدد اللعابية

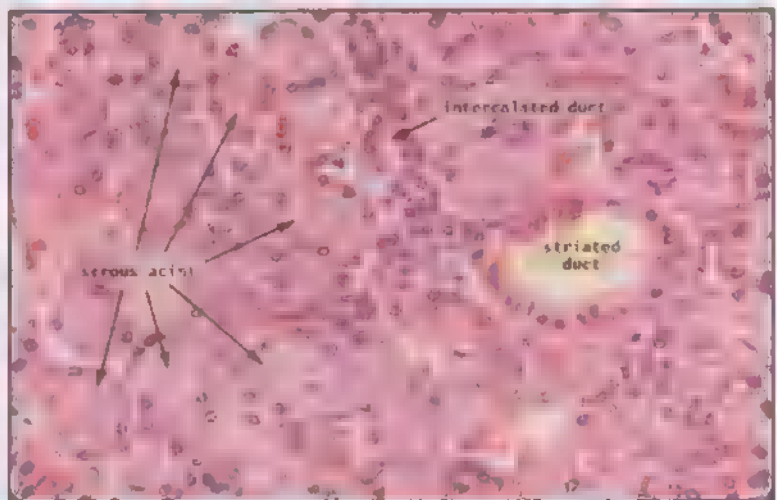
1.3.4 الغدد النكفية Parotid Glands

هذه غدد غنية متشعبة، يتكون جزؤها الإفرازي من خلايا مصلية إلى حد كبير (شكل 24، 25)، تحتوي حبيباتها وفرة من كربوهيدرات متعددة وبروتينات، من أبرزها إنزيم أميليز amylase. وتحاط هذه الغدد بكبسولة من نسيج ضام تتشأ منه فواصل تقسم الغدة إلى عد فصيصات lobules. ويحتوي نسيج الكبسولة خلايا لمفاوية وخلايا بلازما. وتنتج الخلايا الأحادية أجساماً مضادة تبطل مفعول المواد الغريبة التي تدخل تجويف الفم.

12



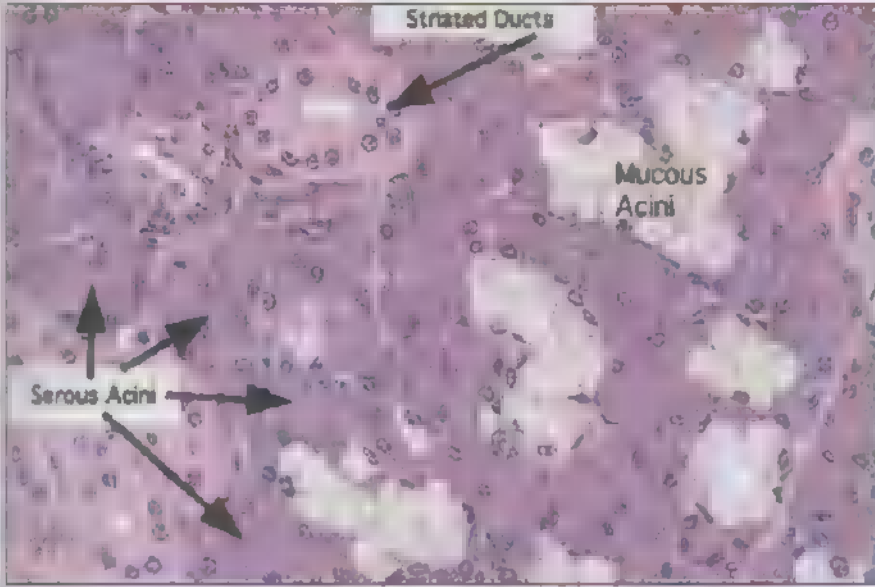
(شكل 24) صورة مجهرية ضوئية تظهر فصيصات الغدة النكفية والقنوات داخل الفصيصات والقنوات بين الفصيصات



(شكل 25) صورة مجهرية ضوئية مكبرة تظهر عنيتات الغدة النكفية

2.3.4 الغدد تحت الفك Submandibular Glands

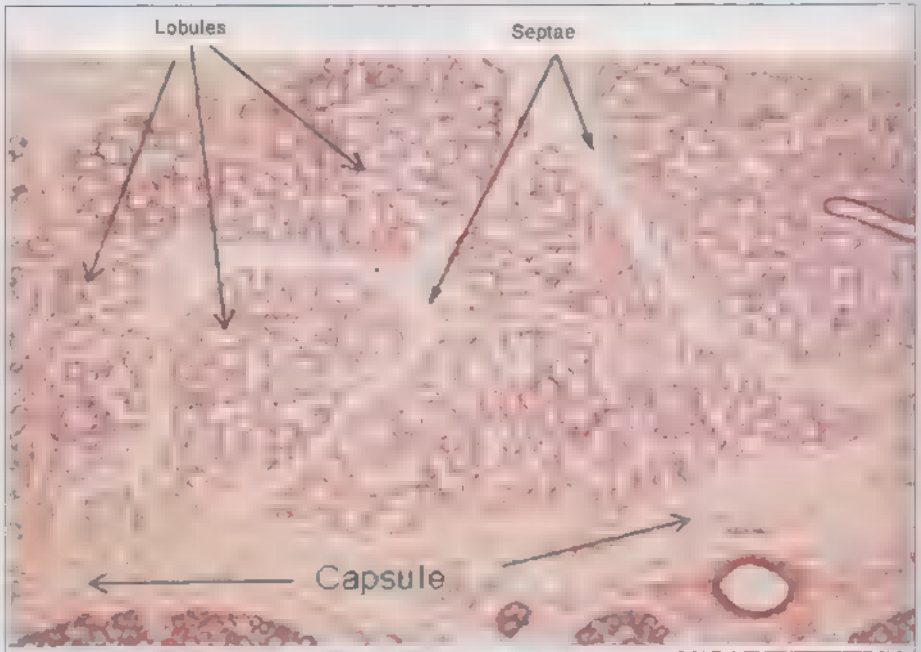
هذه الغدد أنبوبية غنية متفرعة، تحاط بكبسولة من نسيج ضام تتشأ منها فواصل تقسم الغدة إلى فصيصات، كما في الغدة النكفية. يتكون الجزء الإفرازي الأكبر لهذه الغدد من خلايا مصلية التي يكون بعضها **demilunes** حول الغنبيات المخاطية (شكل 26). وتفرز الخلايا المصلية إنزيم أميليز **amylase** الذي يفك السكريات المتعددة ولايسوزايم **lysozyme** الذي يفتك جدر الخلايا البكتيرية.



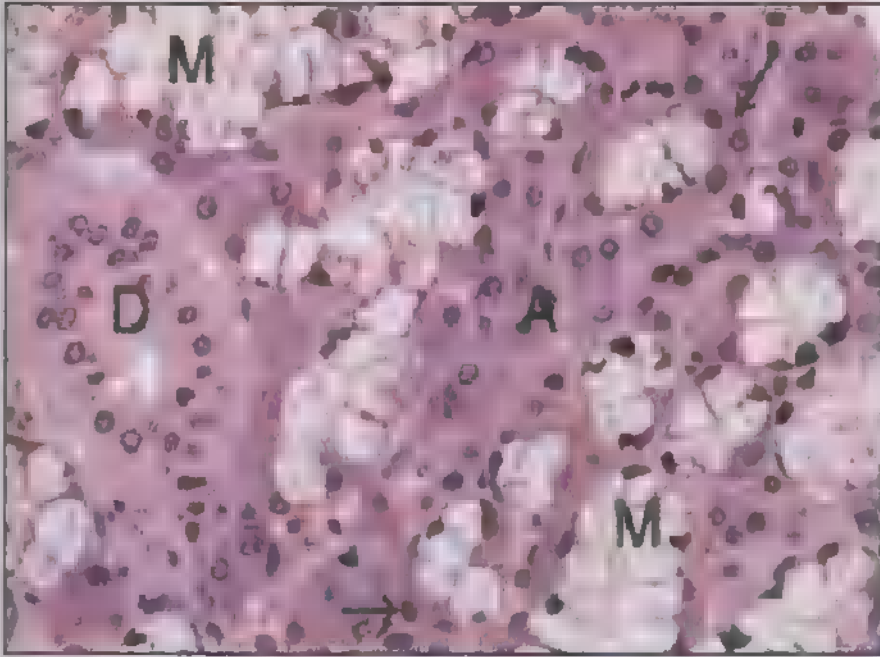
(شكل 26) صورة مجهرية ضوئية تظهر غنبيات الغدة تحت الفك

3.3.4 الغدد تحت اللسانية Sublingual Glands

تتكون هذه الغدد من فصيصات lobules تحتوي غنيبات أنبوبية متفرعة، وتحاط ب كبسولة capsule من نسيج ضام تبرز منه باتجاه الداخل فواصل septae تبعد الفصيصات عن بعضها. وفي هذه الغدد تكون الخلايا المخاطية أكثر وفرة، وتشكل الخلايا المصلية أهلة demilunes حول غنيبات مخاطية (شكل 27-28).



(شكل 27) صورة مجهرية ضوئية لغدة تحت لسانية. لاحظ وفرة غنيبات المخاطية والكبسولة والفواصل والفصيصات



(شكل 28) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من الغدة تحت اللسانية. لاحظ العنبيات المخاطية M والمصلية A والأهلة (سهم) والقناة المغطاة D.

4.4 وظائف اللعاب

تفرز الغدة اللعابية حوالي 1.5 لترا يوميا من سوائل تشكل اللعاب saliva، وتؤلف إفرازات الغدة تحت الفك حوالي 70% من اللعاب، وتفرز الغدة النكفية 25%، بينما تفرز الغدة تحت اللسانية 5% من حجمه. ويتكون الحجم الأعظم من اللعاب في الخلايا المخاطية للغدة المذكورة وللعاب عدة وظائف أبرزها:

1. ترطيب وتلين تجويف الفم، وذلك بهدف تهيئة البيئة المناسبة لتفكيك الغذاء ألياً أولاً، ثم كيميائياً لاحقاً، إضافة إلى حماية بطانة تجويف الفم من تأثير الاحتكاك المتواصل مع المواد التي نتناولها.

2. هضم الكربوهيدرات، وبالذات المتعددة منها، بواسطة إنزيم أميليز.

3. الدفاع ضد الأجسام الغريبة وذلك بواسطة مواد تفرزها الخلايا المصلية وخلايا القنوات الغدية ويتمثل ذلك بإفراز إنزيم لايسوزايم lysozyme الذي يفكك جدر الخلايا البكتيرية.

الفصل الثالث عشر

الجهاز التنفسي

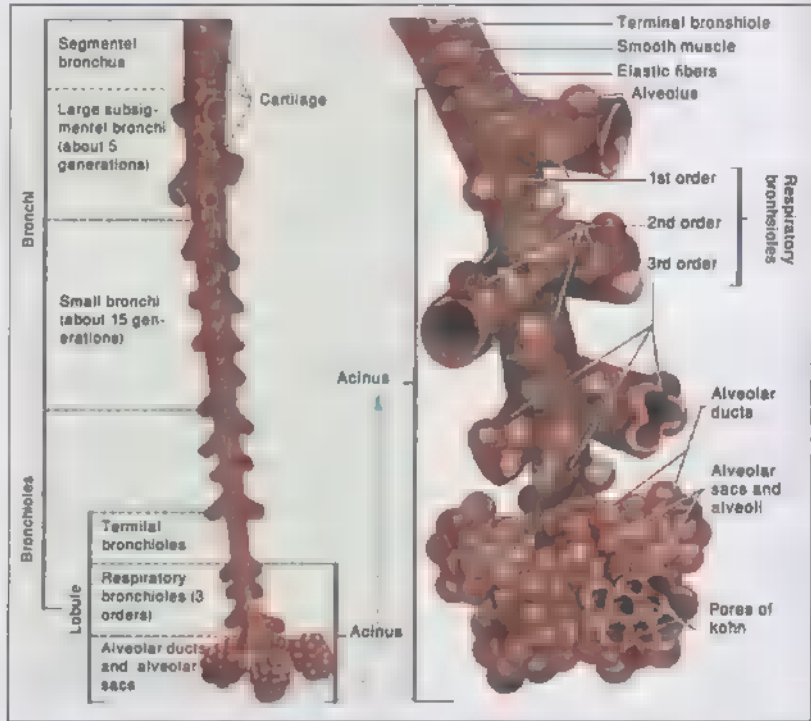
Respiratory System

13

279.....	5. الأوعية اللمفاوية الرئوية	263	1. الجزء الموصل
281.....	6. الأعصاب الرئوية	272.....	2. الجزء التنفسي
281.....	7. جنبه الرئة	279.....	3. تجدد بطانة حوصلات الرئة
282.....	8. آليات الدفاع في الجهاز التنفسي	279.....	4. الأوعية الدموية الرئوية

13

يزود الجهاز التنفسي الجسم بالأكسجين، ويخلصه من ثاني أكسيد الكربون، ويتشكل هذا الجهاز من جزء موصل conducting portion يتكون من تجويف الأنف nasal cavity والبلعوم الأنفي nasopharynx والحنجرة larynx والقصبه الهوائية trachea والشعب bronchi والشعبيات الطرفية terminal bronchioles وجزء تنفسي respiratory portion يتألف من الشعبيات التنفسية respiratory bronchioles وقنوات الحوصلات alveolar ducts والحوصلات alveoli (شكل 1.6)، إضافة لذلك، تساهم تراكيب أخرى مثل القفص الصدري، والمضلات بين الأضلاع، والحجاب الحاجز في عملية التنفس.



(شكل 1) رسم يمد ثلاثي يبين تفرعات الجزء الأخير من الجهاز التنفسي.

1. الجزء الموصل Conducting Portion

1.1 الوظائف

يقوم هذا الجزء بوظيفتين أساسيتين، هما:

- العمل كممر يعبر خلاله الهواء من وإلى الرئتين. ولضمان إيصال الهواء دون انقطاع، يتسم هذا الجزء بدعامة جيدة تتمثل بوجود نسيج غضروفي زجاجي في جداره. كما يتصف بمرونة كافية ناجمة عن وجود ألياف مرنة وأخرى كولاجينية، علاوة على ألياف عضلية ملساء. ويقوم الغضروف بتدعيم الجزء الموصل. ومنحه المرونة اللازمة. ويتناسب

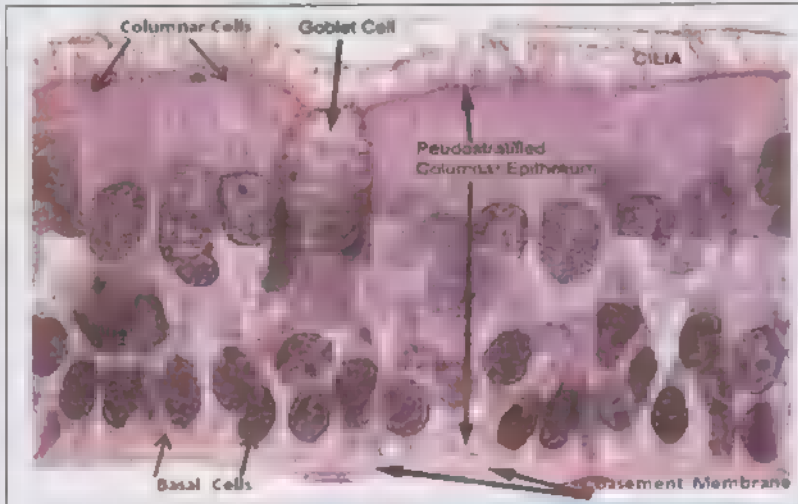
تركيز الألياف المرنة عكسياً مع قطر الأنبوب الموصل. فالشعيبات الأدق تحتوي الكثير من الألياف، مقارنة بالحنجرة. وتقوم العضلات الملساء التي تحيط بكل مناطق الجزء الموصل بتنظيم دخول وخروج الهواء وذلك بانقباضها أو اتساعها.

- تكييف الهواء الداخل إلى الرئتين بحيث يُنقى من الشوائب ويُرطب ثم يُدْفَأ. ويساعد في هذه الوظائف وجود نسيج طلائي يحتوي غداً مخاطية ومصلية. فعند دخول الهواء للأنف، يقوم الشعر بتنقيته من الشوائب وتعمل إفرازات الغدد المخاطية على التقاطها، كما أنها ترطب الهواء الداخل كي تحمي بطانة الحوصلات الرئوية الهشة من مخاطر الجفاف. كذلك، تعمل شبكة الأوعية الدموية الغنية تحت بطانة الجزء الموصل على تدفئة الهواء.

2.1 الخلايا

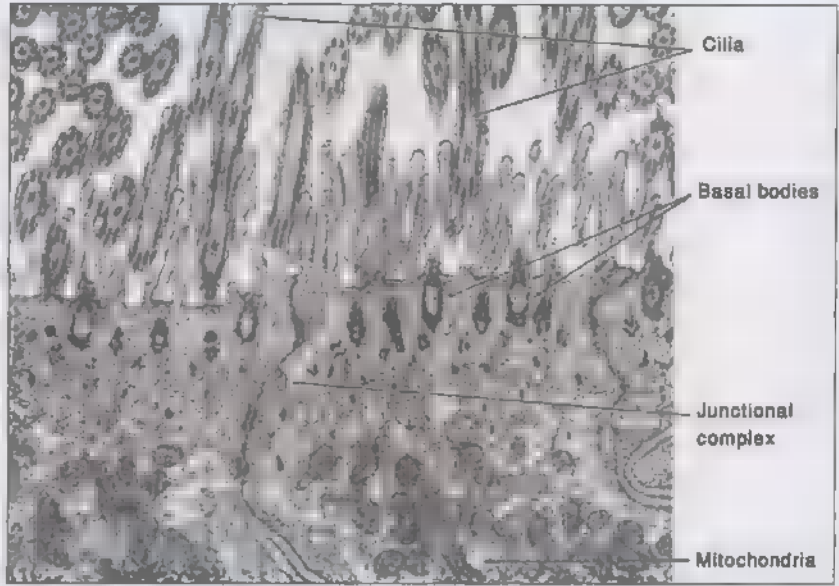
عند دراسة النسيج الطلائي المبطن لمناطق الجزء الموصل بالمجهر الإلكتروني، يمكن ملاحظة خمسة أنواع من الخلايا، هي (شكل 2):

- أ. خلايا عمادية Columnar Cells: وهي الأكثر شيوعاً، ويوجد على سطح كل منها حوالي 300 هدبة cilia. ويقع تحت هذه الأهداب أعداد كبيرة من الميتوكوندريا (شكل 2، 3). وبينت الدراسات أن انعدام أذرع داينين dynein في هذه الأهداب يؤدي إلى التهابات مزمنة في مجرى التنفس. وقد لوحظ أن الأشخاص المصابون بهذه المشكلة يعانون من العقم أيضاً.
- ب. خلايا كأسية Goblet Cells: وفيها عدة قطيرات مخاطية تحتوي كميات كربوهيدراتية وافرة (شكل 2-4) تعمل على التقاط الشوائب التي تدخل الجهاز التنفسي.
- ج. خلايا قاعدية Basal Cells: هذه خلايا صغيرة، تقع فوق الصفيحة القاعدية (شكل 2) ولها قوة انقسام عالية تعوض ما يفقد من بقية خلايا مبطنة.

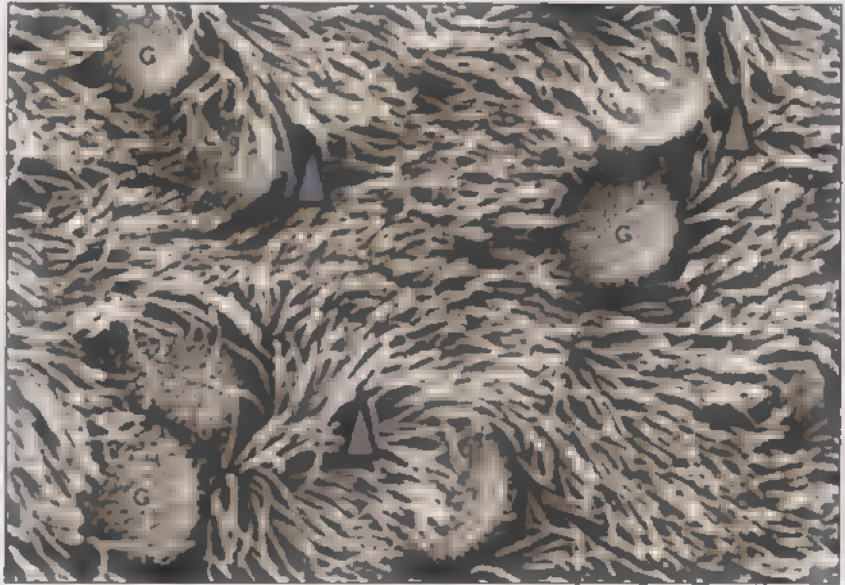


(شكل 2) صورة مجهرية ضوئية تبين أنواع الخلايا في بطانة القصبة الهوائية

13



(شكل 3) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لأجزاء من خلايا عمادية مهدبة



(شكل 4) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين أهداباً على أسطح الخلايا العمادية (رؤوس أسهم) وخمالات دقيقة على أسطح الخلايا الكأسية (G)

د. خلايا فرشاة **Brush Cells**: سميت كذلك لوفرة الخمالات الدقيقة **microvilli** عند أسطحها الرأسية (شكل 4)، ولهذه الخلايا نهايات عصبية واردة عند أسطحها القاعدية، وتعمل هذه الخلايا كمستقبلات كيميائية حسية **chemosensory**.

هـ. خلايا حبيبية صغيرة Small Granular Cells: تحتوي هذه الخلايا عدة حبيبات قطرها بين 100 و 300 nm. ولها لب داكن. ويعتقد أن لهذه الحبيبات دور في تكامل الإفرازات المخاطية والمصلية من غدد الأنبوب التنفسي.

تجدر الإشارة إلى أن النسيج الطلائي يرتكز على صفيحة قاعدية (شكل 2) يقع تحتها نسيج ضام طري يحتوي خلايا تدافع عن الجهاز التنفسي، تتمثل بخلايا أكولة كبيرة وخلايا لمفاوية من نوعي T و B تتجمع في عقيدات لمفاوية.

3.1 المكونات

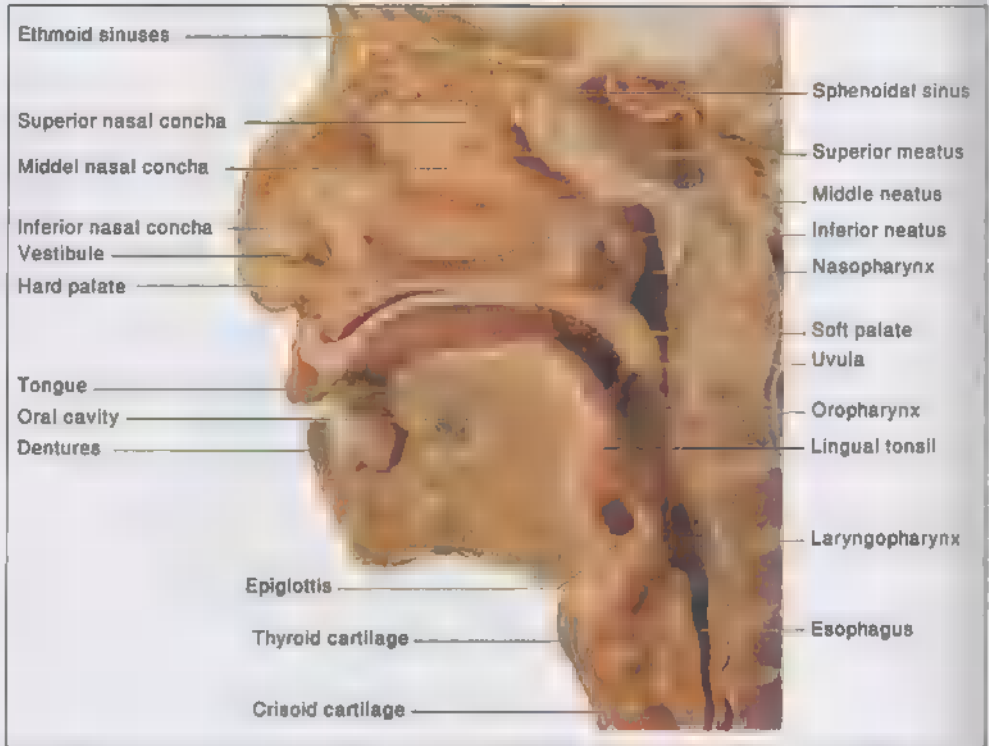
يتكون الجزء الموصل من تجويف الأنف، والجيوب الأنفية الجانبية والبلعوم الأنفي والحنجرة والقصبية الهوائية والشعب والشعبيات. وسنعالج هذه التراكيب، كما يلي:

1.3.1 تجويف الأنف Nasal Cavity

يتكون هذا التجويف من دهليز vestibule وحفر أنفية nasal fossae.

أ. الدهليز Vestibule: هذا هو الجزء الأمامي المتسع لتجويف الأنف (شكل 5)، وتتشكل بطانة من نسيج طلائي طبقي حرشفي. ويوجد حول السطح الداخلي للدهليز غدد دهنية وعرقية. إضافة إلى شعر يعمل على ترشيح الهواء الداخل من الشوائب، ويتحول النسيج المذكور إلى نسيج طلائي طبقي كاذب قبل دخوله الحفر الأنفية.

ب. الحفر الأنفية Nasal Fossae: تقع هذه الحفر داخل حجرتين كهفتين يفصلهما حاجز أنفي nasal septum. ويمتد من كل جدار جانبي لهاتين الحجرتين ثلاثة نتوءات عظمية شبيهة بالرفوف، تدعى محارات conchae (شكل 5) تغطي العليا منها بنسيج طلائي شمعي olfactory epithelium. بينما تغطي المحارات الوسطى والسفلى بنسيج طلائي تنفسي respiratory epithelium. وتعمل الممرات الشريطية الضيقة في المحارات على تحسين نوعية الهواء الداخل للجسم بزيادة المساحة السطحية للنسيج الطلائي التنفسي، وخلق دوامة في الهواء الداخل كي يزداد الاحتكاك بين الهواء والطبقة المخاطية على سطح الحفر الأنفية. وهذا ما يؤدي إلى تخليص الهواء من شوائبه. وتعمل الشعيرات الدموية الوافرة التي تقع تحت النسيج الطلائي على تدفئة الهواء.



(شكل 5) صورة لمقطع طولي ثخين لمكونات تجويف الأنف

2.3.1 الجيوب الأنفية الجانبية Paranasal Sinuses

هذه فجوات هوائية توجد في عظام الجمجمة الجبهية **frontal**، والفكية **maxillary**، والفريزية **ethmoid**، والوتدية **sphenoid** (شكل 5). وتبطّن هذه التجاويف بنسيج طلائي طبقي كاذب رقيق يحتوي خلايا كأسية قليلة. وتتصل هذه الجيوب بتجويف الأنف عبر فتحات صغيرة، وتصيب مادتها المخاطية المفرزة داخل ممرات أنفية نتيجة حركة أهداب الخلايا الطلائية، وإذا ما حدث انسداد للفتحات المذكورة، يحدث التهاب الجيوب الأنفية **sinusitis**.

3.3.1 البلعوم الأنفي Nasopharynx

هذا هو الجزء الأول من البلعوم، ويصل بين الفتحة الداخلية لتجويف الأنف والحنجرة (شكل 5). وتبطّن المنطقة الخلفية من البلعوم الأنفي بنسيج طلائي طبقي كاذب، بينما تبطّن المنطقة الأمامية بنسيج طلائي طبقي حشقي غير متقرن.

4.3.1 الحنجرة Larynx

هذه حجرة على هيئة أنبوب غير منتظم يربط بين البلعوم والقصبه الهوائية (شكل 5). وتبطّن

الحنجرة بنسيج طلائي طبقي كاذب، ويوجد في صفيحتها المخصوصة غضاريف كبيرة من النوع الزجاجي، وأخرى صغيرة من النوع المرن. وترتبط هذه الغضاريف مع بعضها بعضات مخططة إضافة إلى أربطة من النسيج الضام. وتعمل هذه الغضاريف على دعامة الحنجرة لتبقى مفتوحة لدخول الهواء. ولهذه الغضاريف دور في خروج الأصوات.

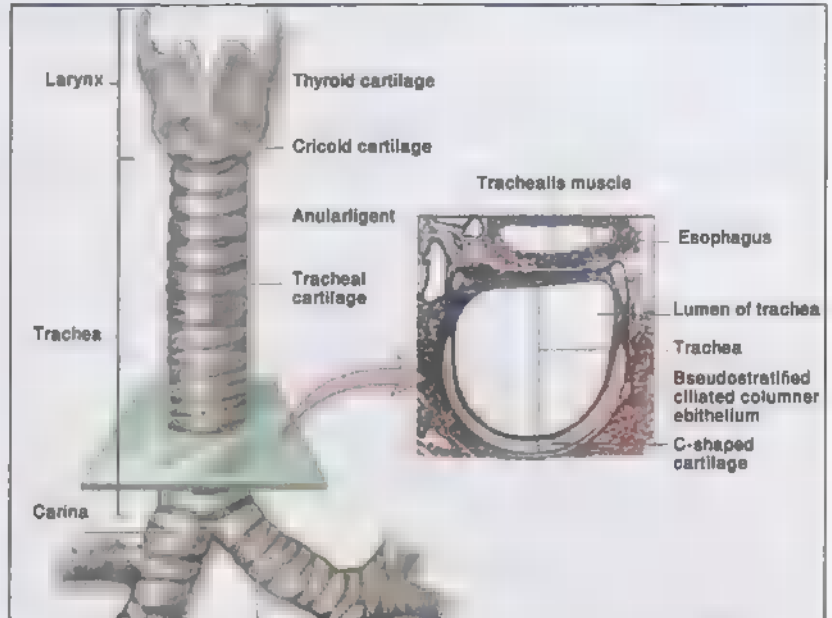
يمتد من حافة الحنجرة باتجاه البلعوم بروز غضروفي يدعى لسان المزمار *epiglottis* (شكل 5) الذي يعمل كصمام يفلق مجرى التنفس عند البلع. ولهذا البروز سطح من جهة اللسان، ويغطى بنسيج طلائي طبقي حرشفي غير متقرن، بينما يغطى سطحه المواجه للحنجرة (قاعدة لسان المزمار) بنسيج طلائي طبقي كاذب، وتقع تحت هذا النسيج غدد مخاطية وأخرى مصلية.

وتشكل الطبقة المخاطية للأنبوب التنفسي تحت لسان المزمار زوجي ثانياً داخل الحنجرة يشكل الزوج العلوي منها حبالاً صوتية كاذبة *false vocal cords* تغطي بنسيج تنفسي طبقي كاذب تقع تحته عدة غدد مصلية. أما الزوج السفلي فيشكل حبالاً صوتية حقيقية *true vocal cords* تغطي بنسيج طلائي طبقي حرشفي. ويوجد داخل هذه الحبال حزم كبيرة من ألياف مرنة متوازية تكون الرباط الصوتي *vocal ligament* الذي تتوازي معه حزم من عضلات هيكلية تسمى العضلات الصوتية *vocalis muscles* التي تنظم شد الحبال الصوتية وأربطتها. ويمرور الهواء بين هذه الثنايا ويساهمة من العضلات المذكورة تشكل أصوات ذات ترددات مختلفة.

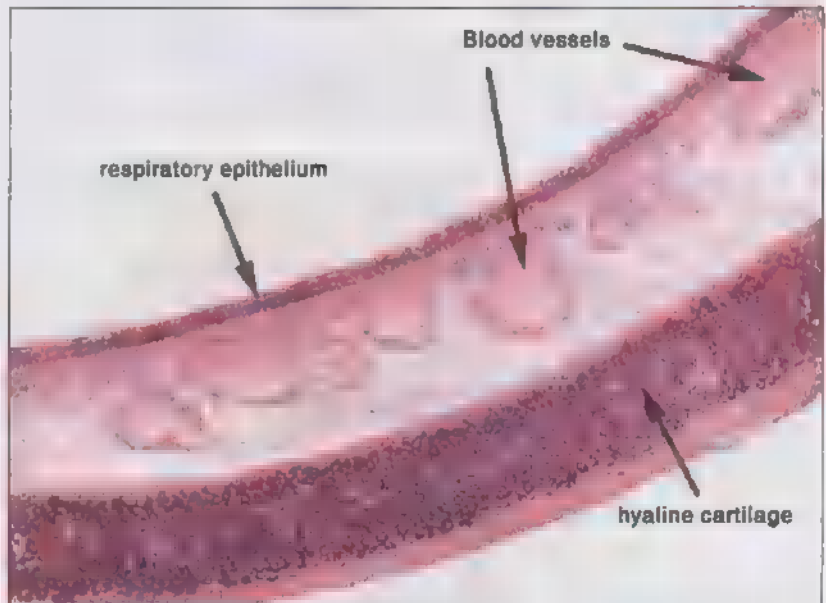
5.3.1 القصبة الهوائية Trachea

هذه أنبوبة رقيقة الجدار تمتد بطول حوالي 10 سم من قاعدة الحنجرة إلى النقطة التي تنفر فيها إلى شعبتين أوليتين (شكل 6). وتشكل القصبة الهوائية من 16-20 حلقة من الغضروف الزجاجي على هيئة حرف C، تعمل على إبقاء تجويف القصبة مفتوحاً. وتتصل الأطراف المفتوحة لهذه الحلقات بأربطة من الألياف المرنة وحزم من العضلات الملساء (شكل 6). وتمنع هذه الأربطة التوسع غير الضروري لتجويف القصبة الهوائية، بينما يؤدي انقباض العضلات المذكورة إلى تقلص هذا التجويف. وتبطن القصبة الهوائية بنسيج طلائي طبقي كاذب يحتوي خلايا كأسية وخلايا مهدبة وأخرى غير مهدبة. وتحتوي المنطقة تحت البطانة وفرة من الأوعية الدموية والغدد المصلية (شكل 7).

تنفر القصبة الهوائية إلى شعبتين أوليتين *primary bronchi* داخل الرئتين وتنفرعا لتكوين ثلاث شعب في الرئة اليمنى، وشعبتين في الرئة اليسرى. وتنقسم هذه الشعب في فصوص الرئة إلى عدة شعب ثانوية *secondary bronchi* تنتهي بـ 5-7 شعبيات طرفية *terminal bronchioles* (شكل 1).



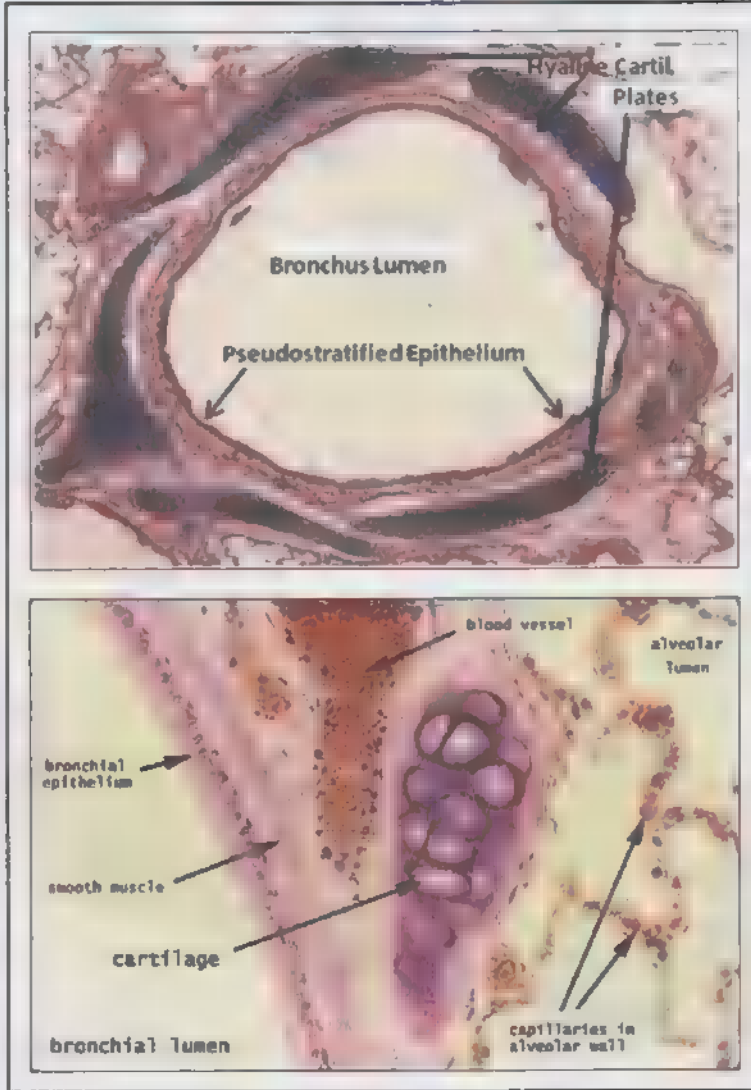
(شكل 6) رسم لقصبه هوائية وتفرعاتها (يسار) وصورة لقطع عرضي لقصبه هوائية ومريء (يمين). لاحظ شكل الفصروف والمضل الذي يربط طرفيه.



(شكل 7) صورة بالمجهر الضوئي لقطع عرضي لقصبه هوائية. لاحظ وفرة الأوعية الدموية تحت بطانة القصبه ، والخلايا المهبطية والفصروف الزجاجي.

6.3.1 الشعب Bronchi

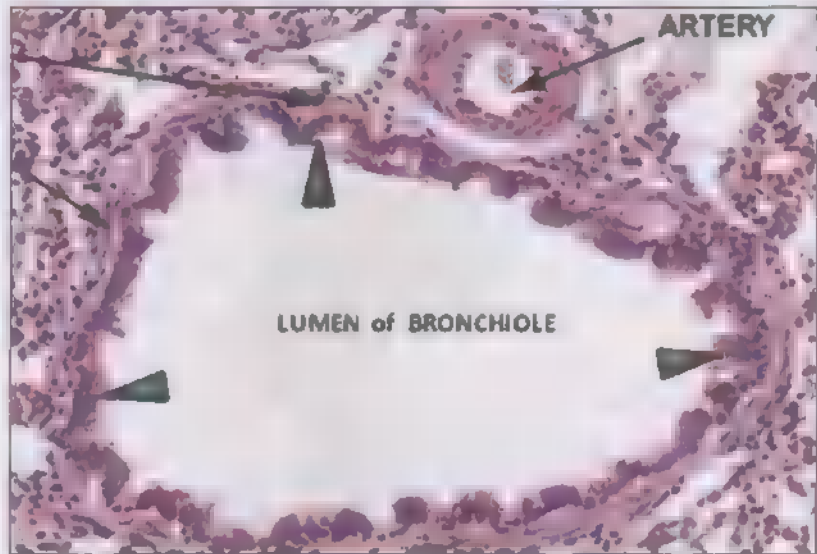
تتفرع كل شعبة أولية بشكل ثنائي (على هيئة Y) حوالي 10 مرات بحيث يقل قطر كل فرع عن سابقه ليصل قطر الشعبة حوالي 5 ملم. والنسيج الطلائي للشعب هو طبقي كاذب يدعم بصفايح غضروفية cartilage plates مبعثرة (شكل 8). ويوجد تحت هذا النسيج شبكة ألياف عضلية ملساء، والألياف مرنة وأوعية دموية وغدد مخاطية ومصلية تلين الشعب. كما تنتشر أعداد كبيرة من الخلايا والعقد اللمفاوية تحت هذا النسيج.



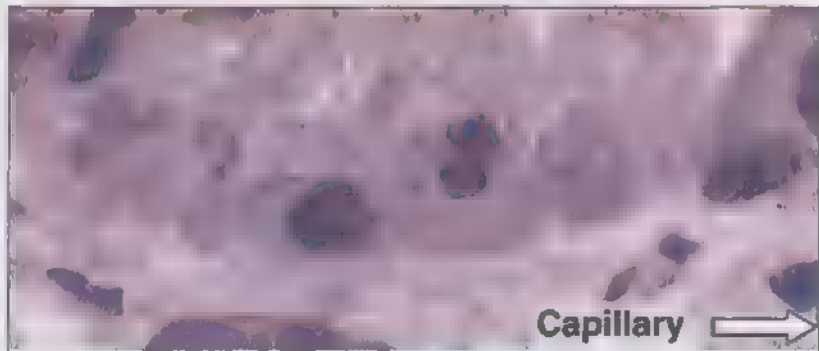
(شكل 8) صورتان بالمجهر الضوئي لقطعين عرضيين لجدار شعبة. لاحظ صفايح الغضروف (فوق) والنسيج الطبقي الكاذب والحوصلات الرئوية وصفبيحة الغضروف والأوعية الدموية (تحت)

7.3.1 الشعبيات Bronchioles

هذه ممرات داخل الرئة، لها قطر يبلغ 0.5 ملم أو أقل. وفي الشعبيات الكبيرة، يكون النسيج الطلائي طبقياً كاذباً مهدباً، يتحول تدريجياً ليصبح عمادياً مهدباً أو مكعباً بسيطاً في الشعبيات الطرفية terminal bronchioles (شكل 9). ويحتوي هذا النسيج خلايا كلارا Clara cells (شكل 10) لتحل محل الخلايا الكأسية وتفرز بروتينات تحمي الشعبيات من الملوثات والإنتهابات. ويوجد تحت النسيج الطلائي للشعبيات ألياف مرنة وعضلات ملساء (شكل 9) تقع تحت تأثير العصب الحائر vagus nerve والجهاز العصبي الذاتي. ويؤدي حفز الشعبيات بالعصب الحائر إلى تضيق الشعبيات، بينما يؤدي حفزها بالجهاز الذاتي إلى توسعها.



(شكل 9) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في شعيبية طرفية. تبين رؤوس الأسهم النسيج الطلائي العمادي ويظهر تحته أليافاً عضلية ملساء (أسهم)

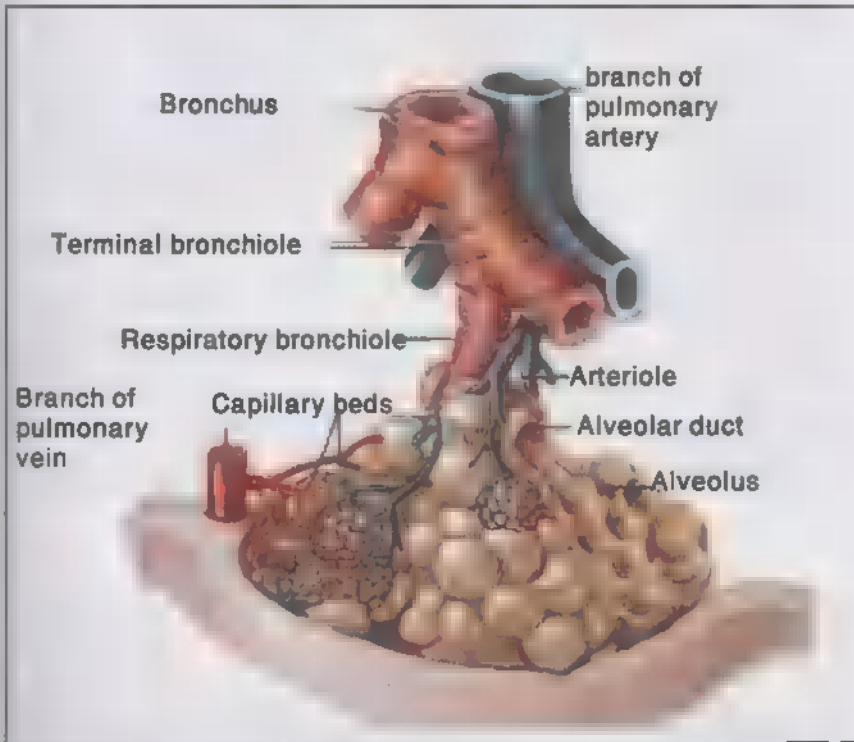


(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في شعيبية طرفية تبين خلايا كلارا التي تفرز بروتينات تحمي الشعبيات

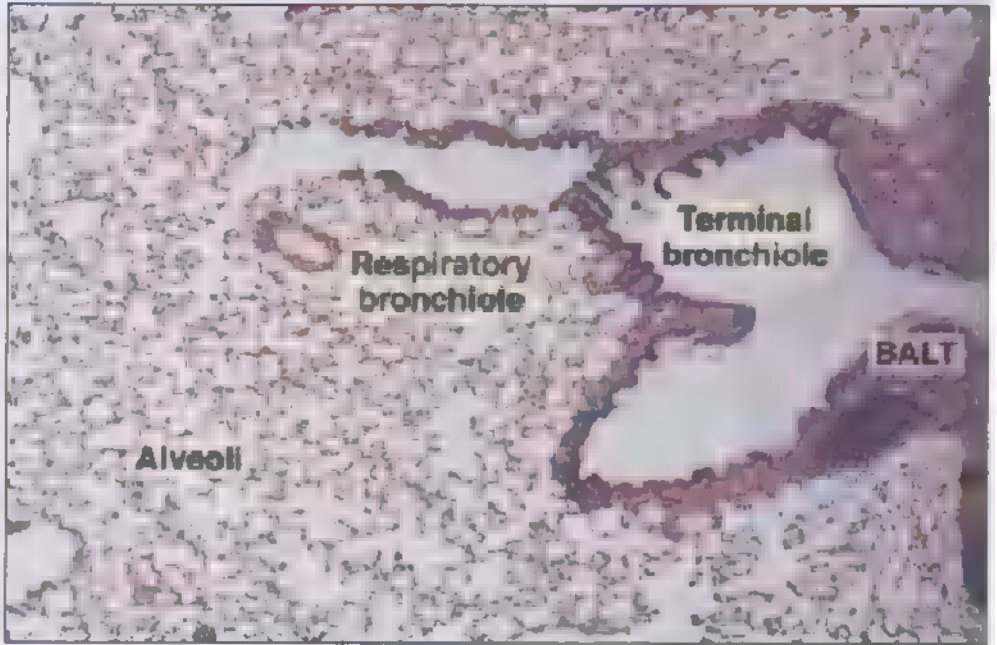
2. الجزء التنفسي Respiratory Portion

1.2 الشعبيات التنفسية Respiratory Bronchioles

تتفرع كل شعبة طرفية إلى شعبيتي تنفس respiratory bronchioles أو أكثر (11، 12) والطبقة المخاطية في الشعبيات التنفسية، مطابقة لتلك في الشعبيات الطرفية غير أن جدارها تتفتح على عدة حوصلات alveoli (شكل 12) حيث يتم تبادل الغازات. وتبطن جدار الشعبيات التنفسية الواقعة بين الحوصلات بخلايا طلائية مكعبة ومهذبة، إضافة إلى خلايا كلارا. وعند مناطق اتصال الشعبيات التنفسية بتجاويف الحوصلات الرئوية يتحول النسيج الطلائي من مكعب إلى حرشفي بسيط. ويقع تحت النسيج الطلائي عضلات ملساء وألياف مرنة.



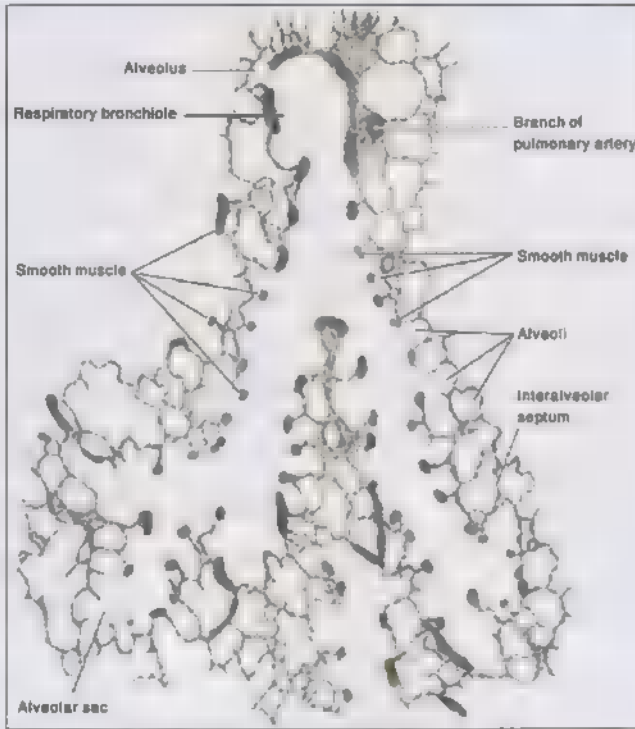
(شكل 11) رسم يبين تفرعات الشعبيات الطرفية والتنفسية.



(شكل 12) صورة بالمجهر الضوئي تبين شعبة طرفية تنقسم إلى شعبتي تنفس (يظهر واحدة منها). لاحظ المظهر الإسفنجي للرئة والذي يمود لوفرة الحوصلات. ولاحظ النسيج الليفاني المرتبط بالشعبة (BALT).

2.2 القنوات الحوصلية Alveolar Ducts

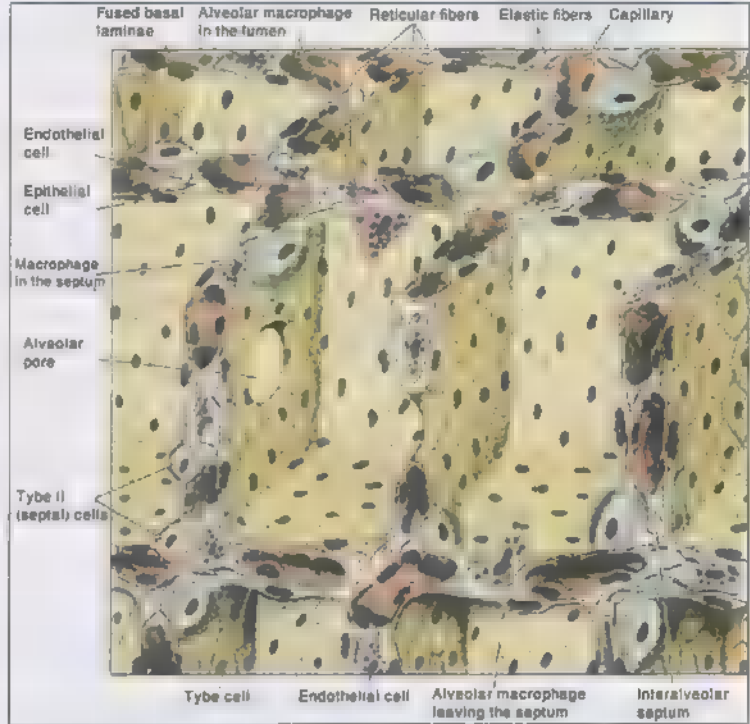
تخرج من الشعبات التنفسية تفرعات تدعى القنوات الحوصلية **alveolar ducts** تتصل عند نهاياتها البعيدة مع الأكياس الحوصلية **alveolar sacs** عبر مناطق تدعى فسحات **atria** (شكل 13). وتبطن الحوصلات وقنوات الحوصلات بخلايا طلائية حرشفية، ويقع تحت هذا النسيج شبكة من الألياف العضلية الملساء. وتدعم القنوات وحوصلاتها بشبكة من الألياف المرنة والكولاجينية. ويخرج من كل فسحة كيسان حوصليّان أو أكثر، ويوجد حول كل فسحة وكذلك حول كل حوصلة وكيس حوصلة غمد من الألياف المرنة والشبكية. وتسمح الألياف المرنة بتمدد الحوصلات عند الشهيق وتمكنها من الانقباض عند الزفير. وتدعم الألياف الشبكية التراكيب المذكورة وتمنع تهتك الشعيرات الدموية والحواجز الحوصلية.



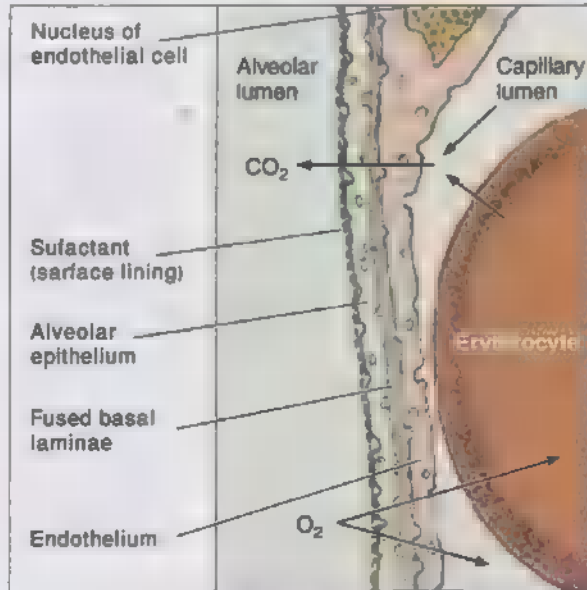
(شكل 13) رسم يبين تفرعات شعبة تنفسية

3.2 الحوصلات الرئوية Lung Alveoli

هذه انبعاثات كيسية يبلغ قطرها حوالي 200 μm ، تخرج من الشعبات التنفسية والقنوات الحوصلية التي أشرنا إليها سابقاً. ويبلغ عدد الحوصلات في الرئتين 300 مليون، وتشكل مساحة لتبادل الغازات تقدر بحوالي 140 متراً مربعاً. وتعتبر الحوصلات مسؤولة عن التركيب الإسفنجي للرئتين، ويتم داخلها تبادل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بين الهواء والدم، وذلك عبر جدار (فاصل) بين الحوصلات (interalveolar wall (septum) يتشكل من طبقتين من نسيج طلائي حرشفي بسيط، يقع بينهما أغنى شبكة شعيرات دموية في الجسم، إضافة إلى ألياف مرنة وخلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة وخلايا دم بيضاء (شكل 14، 15). ويمكن اعتبار الجدار المذكور بأنه حاجز دموي هوائي blood-air barrier يتشكل من سيتوبلازم خلايا الحوصلة الرئوية والصفيفيتين القاعدتين المندمجتين لخلايا هذه الحوصلات وخلايا الشعيرات الدموية (شكل 14)، ويتراوح السمك الكلي لهذه الطبقات بين 0.1-1.5 μm . وتجدر الإشارة إلى أن الجدار بين الحوصلات يحتوي ثغوراً حوصلية alveolar pores (شكل 14) يبلغ قطرها حوالي 10-15 μm . وتساعد هذه الثغور في توازن الهواء في الحوصلات وتسهيل تحريكه عند انسداد شعبة ما.



(شكل 14) رسم يبعد ثلاثي لحوصلات رئوية يبين جدرا بين حوصلات رئوية. لاحظ الخلايا المختلفة والأنسجة الضامة والأوعية الدموية والشعور الحوصلية.



(شكل 15) رسم يبين جزءاً من الفاصل الحوصلي والحاجز الهوائي الدموي

وبينت الدراسات أن الحاجز بين الحوصلات يتشكل من ستة أنواع خلوية، هي: الخلايا المبطنة للشعيرات والخلايا الحوصلية I والخلايا الحوصلية II والخلايا الليفية والخلايا الأكلة والخلايا العضلية. وفيما يلي أبرز سماتها:

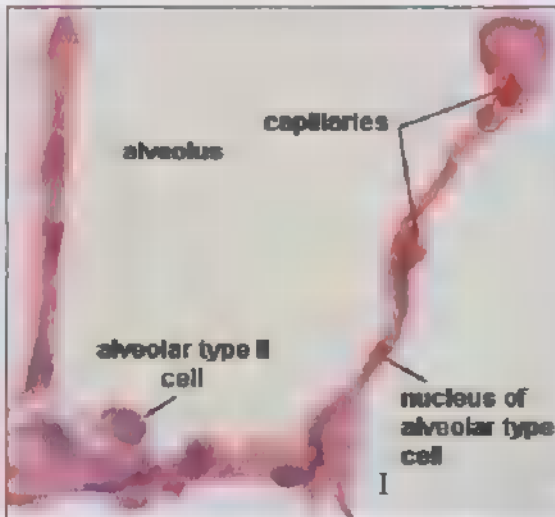
أ. الخلايا المبطنة للشعيرات *endothelial cells* وتمثل حوالي 30% من خلايا الحاجز، ومن أبرز صفاتها:

- رقيقة جداً، وتشكل جدار متوصلاً وليس متقياً.
- تتجمع نواها مع بقية العضيات في موقع واحد لتسمح بأكبر فاعلية لتبادل الغازات عبر منطقة نحيفة من السيتوبلازم.
- لها عدة حوصلات شرب خلوي.

ب. الخلايا الحوصلية *alveolar cells I*، ويشار إليها أيضاً باسم الخلايا الحوصلية الحرشفية *alveolar squamous*، وتشكل حوالي 8% من خلايا الحاجز. تبطن هذه الخلايا أسطح الحوصلات (شكل 16.14)، ومن أهم صفاتها:

- رقيقة جداً لحد يبلغ فيه سمكها أحياناً حوالي $2.5 \mu m$.
- تتجمع نواها وبقية العضيات، مثل جسم جولجي والميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية وسط الخلية، وبذلك تترك مساحات كبيرة من السيتوبلازم الرقيق لتبادل الغازات بفاعلية كبيرة.

- تحتوي عدة حوصلات شرب خلوي.
- تتصل مع بعضها بواسطة أجسام رابطة وروابط محكمة بحيث تمنع تسرب أي سائل من الخلايا إلى الحيز الحوصلي.



(شكل 16) صورة بالمجهر الضوئي لخلايا حوصيلة من نوعي I و II.

ج. الخلايا الحوصلية **alveolar cells II**، وتسمى أيضاً الخلايا الحوصلية العظيمة **great alveolar cells** وتبلغ نسبتها حوالي 16%، ومن أبرز سماتها:

• تتوزع بين الخلايا الحوصلية I (شكل 14، 16)، وترتبط معها بروابط محكمة وأجسام رابطة (شكل 17، 18).

• شكلها مكعب، وتوجد بمجموعات على سطح الحوصلة (شكل 14، 16).

• ترتكز على صفيحة قاعدية وتشكل جزءاً من النسيج الطلائي للحوصلة.

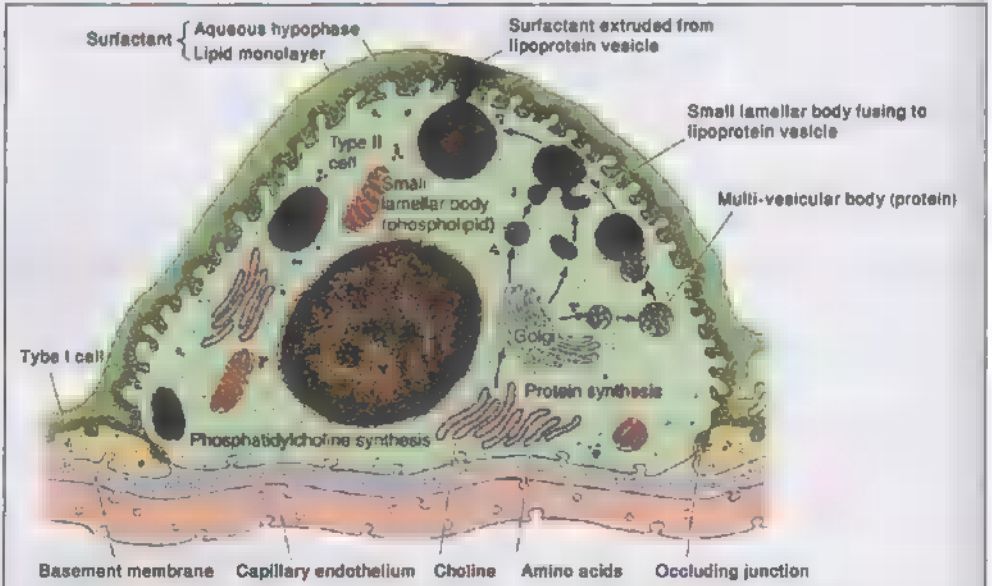
• لها صفات الخلايا الإفرازية، مثل الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية الخشنة وجسم جولجي نام، وعدة خملات دقيقة (شكل 17، 18).

• تحتوي أجساماً صفائحية **lamellar bodies** (شكل 17، 18) تتكون من دهون مفسفرة، وبروتينات وجلايكونات جلوكوز أمين، ويتراوح قطر هذه الأجسام بين 1-2 μm ، وتنتج هذه

الأجسام مادة باسطة **surfactant** تنتشر على أسطح حوصلات الرئة. وتتكون هذه المادة من طبقة مائية **aqueous** عليا وطبقة دهنية أحادية **lipid monolayer** سفلى (شكل 17).

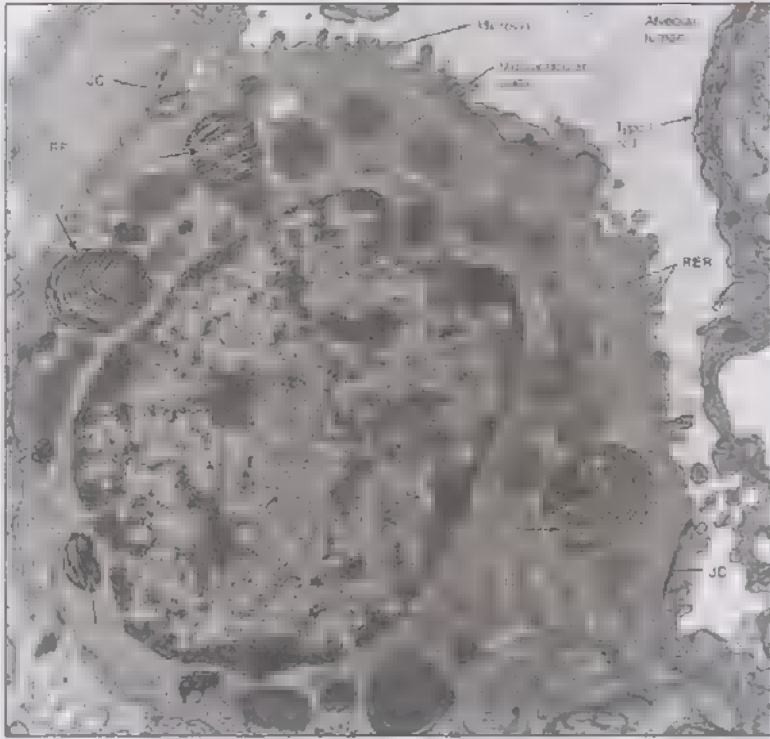
والتي تساعد في تخفيض التوتر السطحي لخلايا الحوصلة الرئوية. ويؤدي ذلك إلى إدخال الهواء إلى الرئتين بجهد أقل، كما تمنع انهيار الحوصلات الرئوية أثناء الزفير وقتل البكتيريا

التي تتسرب إلى الحوصلات. تجدر الإشارة إلى أن المادة الباسطة تظهر في الأسابيع الأخيرة من الحمل، ويتزامن ذلك مع ظهور الأجسام الصفائحية في الخلايا الحوصلية II.



(شكل 17) رسم يبين مكونات خلية حوصلية من نوع II. لاحظ وفرة الأجسام الصفائحية

والشبكة الإندوبلازمية الخشنة والروابط بينها وبين خلية حوصلية من نوع I.



(شكل 18) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية حوصلية II. لاحظ الأجسام الصفائحية (أسهم) التي تحتوي مادة باسطة للسطح. G = جسم جولجي: JC = مركب رابط مكون من أجسام رابطة وروابط محكمة: RER = شبكة إندوبلازمية خشنة: RF = ألياف شبكية.

د. الخلايا الليفية **fibroblasts**، وتصنع ألياف كولاجين والألياف المرنة إضافة إلى جلايكانات جلوكوز أمين. وإذا ما زاد تصنيع ألياف كولاجين عن الحد المطلوب تنشأ حالة تسمى تليف الرئتين **lung fibrosis**.

هـ. الخلايا الأكولة **macrophages**، وتسمى أيضاً الخلايا الترابية **dust cells**، وتشتق من الخلايا الوحيدة **monocytes**. ومن أهم صفاتها:

- توجد داخل الفاصل الحوصلي **alveolar septum** (شكل 13)، وغالباً ما تلاحظ على سطح الحوصلات.
- تزيل خلايا الدم الحمراء التي قد تدخل الحوصلات الرئوية، وخاصة في حالة اختناق الرئتين بالدم عند هبوط القلب، وفي هذه الحالة تسمى الخلايا الأكولة خلايا هبوط القلب **heart failure cells**.

و. الخلايا الانقباضية **contractile cells**، وتوجد ملتصقة بالسطح القاعدي للخلايا الطلائية الحوصلية. وتتقبض هذه الخلايا لتقلل من حجم الحوصلة الرئوية وخاصة عند وصول أجسام مضادة إلى تلك الحوصلات.

3. تجدد بطانة حوصلات الرئة Alveolar Regeneration

تؤدي بعض المواد السامة مثل NO_2 ، وكذلك التدخين والملوثات البيئية، بطانة حوصلات الرئة لدرجة تدمر فيها معظم خلايا تلك البطانة. وخاصة الخلايا الحوصلية من نوعي I و II. ويتأثر عن هذا الوضع زيادة انقسام ما يتبقى من خلايا النوع II وتحول جزء كبير منها إلى النوع I، وبذلك تستعيد بطانة الحوصلات وضعها الطبيعي. وتحت ظروف طبيعية تتجدد الخلايا من النوع II بنسبة 1% كل يوم، ويتحول بعضها إلى النوع I. وينتج عن إتلاف بطانة الحوصلات الرئوية إنقاص السطح التنفسي للرئتين، وبالتالي نفاخ الرئة *emphysema*، وهذا ما يؤدي إلى ضعف كفاءة الجهاز التنفسي، ومن أسباب هذا المرض التدخين وتلوث الهواء.

4. الأوعية الدموية الرئوية Pulmonary Blood Vessels

تشمل الدورة الدموية في الرئتين شرايين رئوية *pulmonary arteries* وأوردة رئوية *pulmonary veins*، وتشكل المجموعتان الأوعية الوظيفية *functional vessels* (شكل 19).

1.4 الشرايين الرئوية

وتتسم بما يلي:

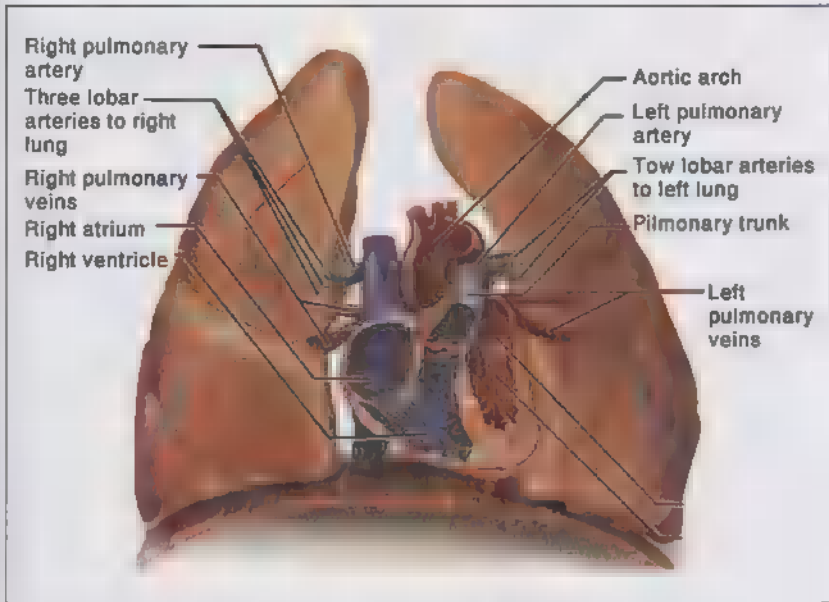
- لها جدر رقيقة، ذلك أنها تتعرض لضغط قليل.
- تحتوي عضلات ملساء وأليافاً مرنة، ولها غشاء داخلي مرن.
- تتفرع داخل الرئة وتتماشى تفرعاتها مع تفرعات الشعيبات (شكل 20). وعند مستوى قنوات حوصلات الرئة تشكل أفرع الشرايين الرئوية شبكة شعيرات في الفاصل بين الحوصلات (شكل 20)، وتلتصق مع بطانة الحوصلات، وتعتبر شبكة شعيرات الرئة أكثر الشبكات نمواً في الجسم.

2.4 الأوردة الرئوية

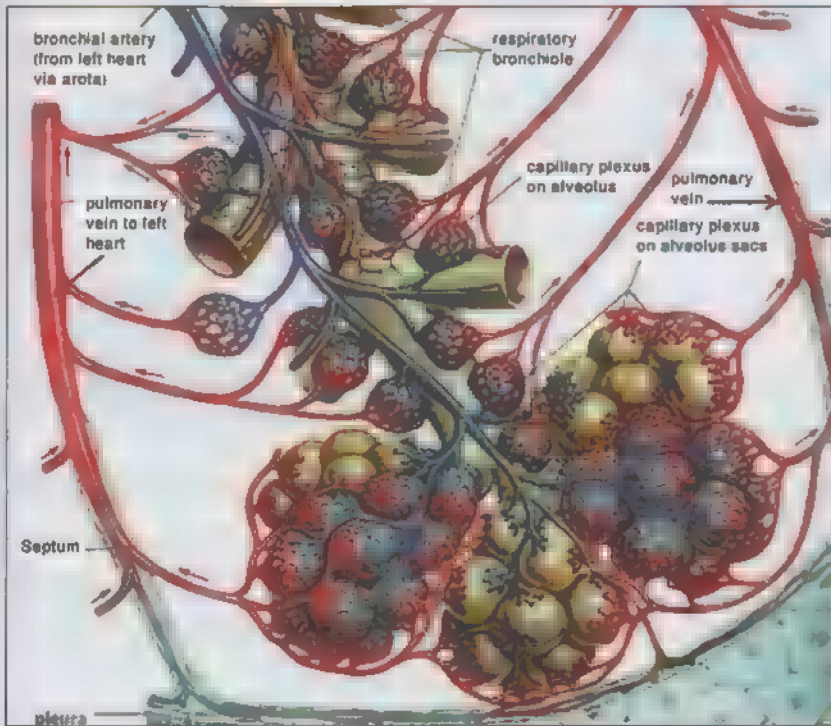
وتنشأ من شبكة الشعيرات الرئوية وتغطي بنسيج ضام رقيق. وتندمج عدة وريدات لتكون أوردة صغيرة ثم كبيرة تسير مع تفرعات الشعيبات باتجاه نقيز الرئة *lung hilum* لتكون وريداً رئوياً *pulmonary vein* يتجه إلى القلب الأيسر (شكل 20).

5. الأوعية اللمفاوية الرئوية Lymphatic Pulmonary Vessels

تتماشى هذه الأوعية مع الشعب الرئوية وتفرعاتها، كذلك توجد في الحواجز بين الحوصلات. وتنصب هذه الأوعية في العقد اللمفاوية بمنطقة نقيز الرئة *lung hilum*، ولا توجد الأوعية اللمفاوية في كافة تفرعات الشعيبات، إذ أنها تصل لنهايات القنوات الحوصلية فقط.



(شكل 19) رسم يبين الأوعية الدموية الرئوية الرئيسية.



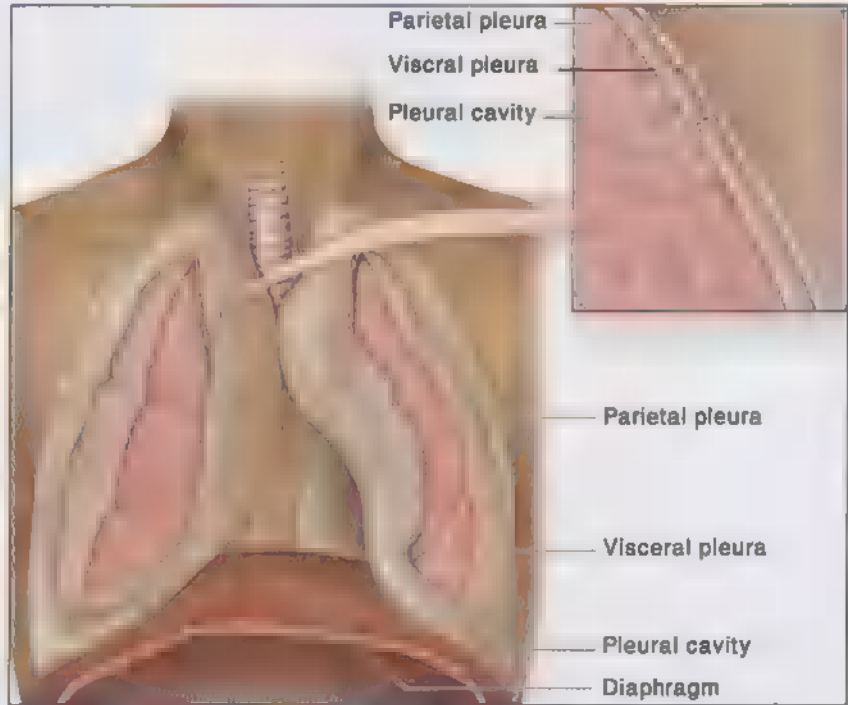
(شكل 20) رسم يبين تفرعات الأوعية الدموية الرئوية الرئيسية حول الحوصلات والأكياس الحوصلية.

6. الأعصاب الرئوية Pulmonary Nerves

توجد معظم الأعصاب الرئوية في النسيج الضام الذي يحيط بالممرات التنفسية الكبيرة. وتعصب الرئة بأعصاب ودية وأخرى نظير ودية، ويخرج منها أعصاب حشوية visceral nerves تحمل إحساسات ألم ضعيفة. ويسبب حفز الأعصاب الودية توسعة قصيبات الرئة، بينما يؤدي حفز الأعصاب نظير الودية إلى تضيقها.

7. جنبه الرئة Lung Pleura

تحاط كل رئة بفشاء مصلي يدعى جنبه الرئة lung pleura (شكل 21)، يتكون من طبقتين: جدارية parietal خارجية وحشوية visceral داخلية، تحيطان بتجويف الجنبه pleural cavity (شكل 21) الذي يبطن بنسيج طلائي حرشفي بسيط، يرتكز على ألياف كولاجينية ومرونة. وفي الظروف الاعتيادية يحتوي هذا التجويف مسحة رقيقة من مادة مليئة تسمح بانزلاق الطبقتين المذكورتين دون احتكاك خلال عمليتي الشهيق والزفير. وفي بعض الحالات المرضية يحتوي تجويف الجنبه سائلاً يتسرب من بلازما الدم أو قد يحتوي هواء.



(شكل 21) رسم يبين مكونات جنبه الرئة

8. آليات الدفاع في الجهاز التنفسي

يتعرض الجهاز التنفسي لمؤثرات سلبية قد تأتي من الدم أو من الهواء، ولذلك فإن هذا الجهاز يتزود بآليات دفاعية تتمثل بالتقاط الجسيمات الصغيرة بواسطة إفرازات الغدد المخاطية وطردها إما عن طريق السعال أو الابتلاع. كذلك فإن الخلايا الأكولة الكبيرة والعقيدات اللمفاوية المنتشرة في أجزاء هذا الجهاز تساهم في التصدي للأجسام الغريبة.

الفصل الرابع عشر

الجهاز البولي

Urinary System

301 3. منتجات البولية

304 4. الإحليل

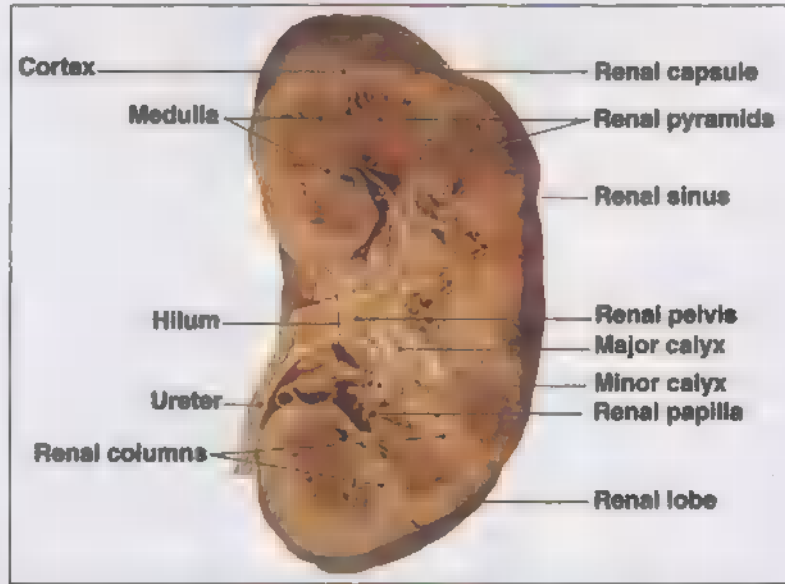
285 1. الكلية

300 2. الحالب

يتشكل الجهاز البولي في الإنسان من كليتين وحالبين ومثانة بولية وإحليل. ومن أبرز وظائف هذا الجهاز هي المحافظة على استقرار التوازن الكيميائي في الجسم، ويكون ذلك بطرح الفضلات الأيضية عن طريق البول. إضافة لذلك، يعمل هذا الجهاز على تنظيم سوائل الجسم بما فيها من أيونات. في هذا الفصل سنعالج التركيب النسيجي لمكونات الجهاز البولي، إضافة إلى بيان وظائفها.

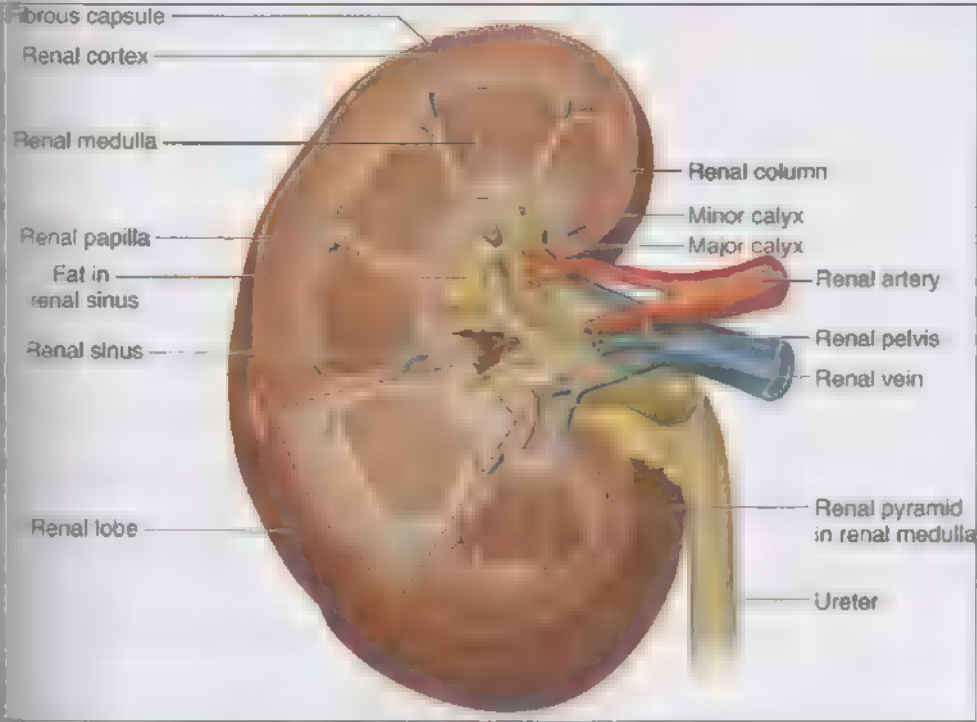
1. الكلية Kidney

يتراوح طول كل كلية بين 10 و12 سم، ويبلغ عرضها حوالي 6.0 سم، بينما يكون سمكها حوالي 3.0 سم. تزن كل كلية حوالي 150 غراماً، ولها جانب مقعر يدعى الصرة (النقير) hilum حيث تدخل الأعصاب، وتدخل وتخرج الأوعية الدموية واللمفاوية، وهو نفس المكان الذي يخرج منه الحالب، ويقابل هذا الجانب المقعر جانب آخر محدب (شكل 1).



(شكل 1) صورة لمقطع طولي في كلية

يحيط نسيج الكلية بتجويف يدعى جيب الكلية renal sinus الذي يحتوي حوض الكلية renal pelvis، الذي يمثل الجزء العلوي المتسع للحالب. وينقسم إلى كأسين رئيسيين major calyces أو ثلاثة، وتتفرع كل منها إلى عدة كأسات فرعية minor calyces صغيرة (شكل 1، 2). وتوجد كل كلية داخل كبسولة كلوية renal capsule رقيقة تتكون من ألياف كولاجينية، ويحيط بهذه الكبسولة نسيج دهني.



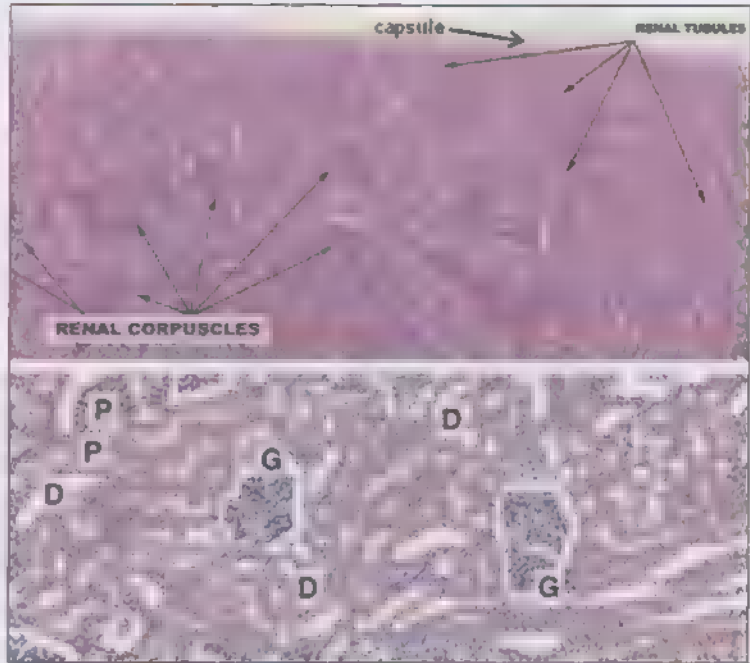
(شكل 2) رسم يبين مقطعاً طويلاً في كلية

عند دراسة مقطع طولي للكلى يتبين أنها تتكون من منطقة خارجية حبيبية تدعى القشرة **cortex**، وأخرى داخلية مخططة تسمى اللب **medulla** (شكل 1، 2). وفي الإنسان، يتألف اللب من تراكيب مخروطية الشكل، تدعى **الأهرام الكلوية renal pyramids** أو **الأهرام اللبية medullary pyramids**. تشكل قواعدها مناطق اتصال اللب بالقشرة، بينما تمتد رؤوسها نحو الكؤوس الفرعية (شكل 2.1)، ويوجد في رأس كل هرم عدة ثقوب (10-20)، تمثل فتحات قنوات التجميع **collecting ducts** التي سنتحدث عنها لاحقاً. ويشكل نسيج القشرة الذي يحيط بكل هرم لبلي فصاً كلوياً **renal lobe**. ويمتد نسيج القشرة بين الأهرام اللبية على هيئة أعمدة كلوية **columns renal** (شكل 2.1).

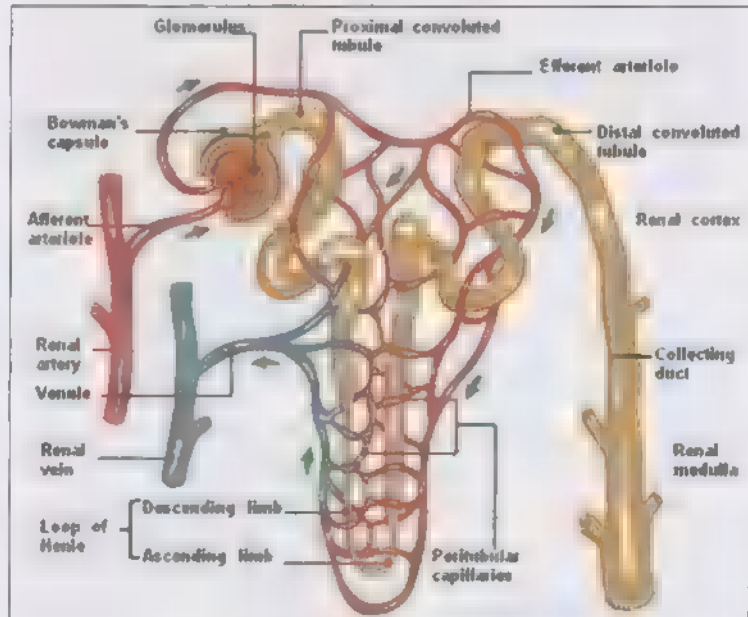
1.1 النيفرونات Nephrons

هذه وحدات التركيب والوظيفة في الكلية، يتجمع الجزء الأعظم منها في القشرة (شكل 3). ويبلغ عددها في الكلية الواحدة حوالي مليون. والنيفرون أنببيب ملتو طوله حوالي 60 ملم، له جزء متسع يدعى الكنية الكلوية **renal corpuscle**، الذي يتصل بأنبيب ملتو يدعى **proximal convoluted tubule**، وعروة هنلي **Henle's loop** وأنبيب ملتو قصير **con- voluted tubule** (شكل 4) يتصل به قناة تجميع **collecting duct**. وإذا وصلت نيفرونات كل مع بعضها، فإننا نحصل على أنبيب يبلغ طوله حوالي 60 كلم.

14

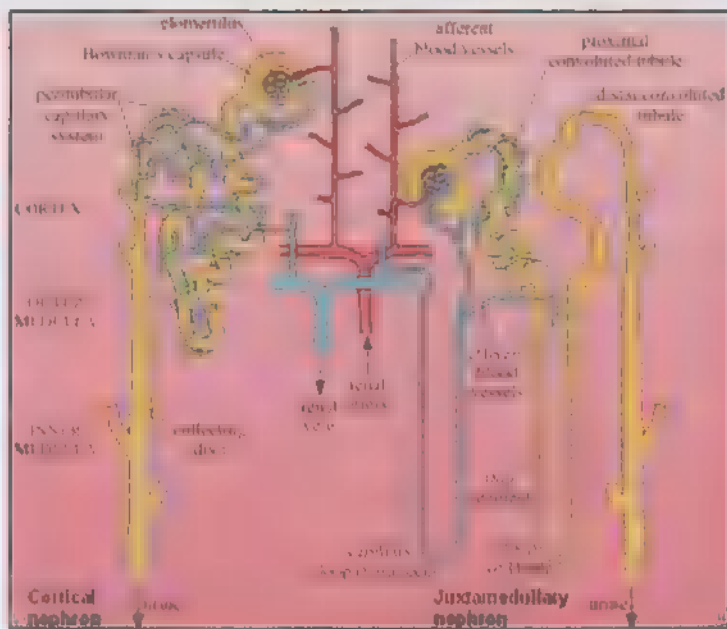


(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات قشرة كلوية وأهمها الأنبيبيات الكلوية والكريات الكلوية (فوق) التي تحتوي كبيبات (G) (تحت). لاحظ الأنبيبيات الملتوية الدانية (P) والأنبيبيات الملتوية القاصية (D).



(شكل 4) رسم يبين مكونات النفران

وتتجمع معظم النفرونات في قشرة الكلية وتسمى النفرونات القشرية **cortical nephrons** ويقع حوالي 15% منها في منطقة اتصال القشرة باللب، ولذلك يطلق عليها اسم النفرونات المجاورة لللب **juxtamedullary nephrons** التي تتصف بعرووات هنتلي **Henle's loops** طويلة تمتد داخل لب الكلية. ولهذه العرووات أطراف هابطة وصاعدة طويلة (شكل 5). وتشارك كل النفرونات بأعمال الكلية، وهي الترشيح، والامتصاص والأطراح. وللنفرونات المجاورة لللب أهمية خاصة، ذلك أنها تساهم في إخراج بول بضغط إسموزي مرتفع.



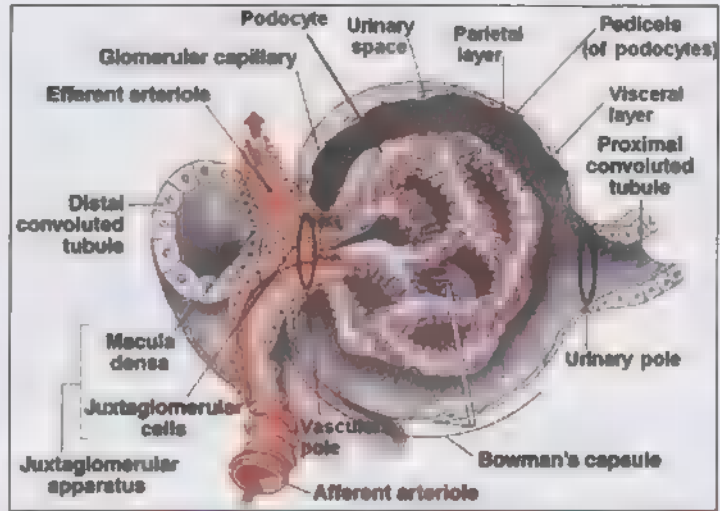
(شكل 5) رسم يبين نفرون قشري وآخر مجاور لللب الكلية

1.1.1 الكرية الكلوية Renal Corpuscle

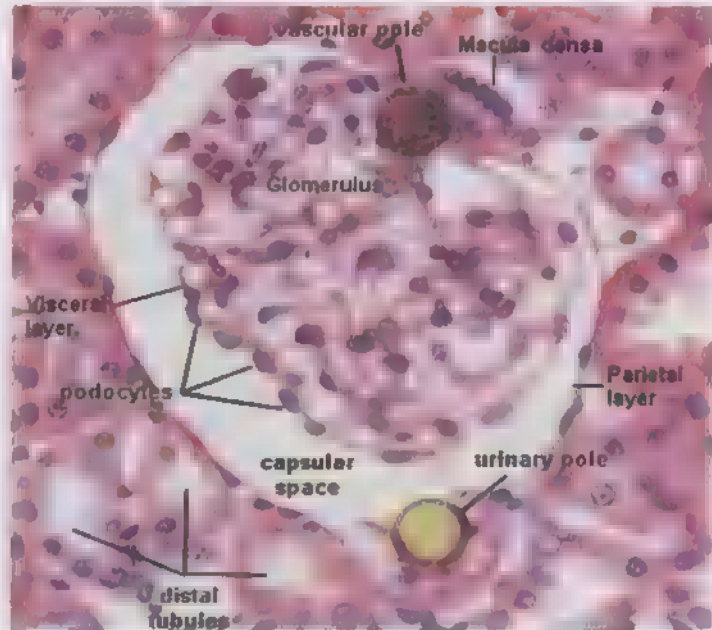
يبلغ قطر كل كرية كلوية حوالي 200 μm ، وتتكون من شبكة من شعيرات دموية تدعى كبيبة **glomerulus**، تحيط بها كبسولة كأسية الشكل ذات جدار مكون من طبقة داخلية وأخرى خارجية (شكل 6). وتسمى الكبسولة محفظة بومان **Bowman's capsule**، وتحيط بطبقتها الداخلية بشعيرات الكبيبة ويطلق عليها اسم الطبقة الحشوية **visceral layer**، أما الطبقة الخارجية فتدعى الطبقة الجدارية **parietal layer** (شكل 6، 7). ويوجد بين الطبقتين الحيز الكبسولي **capsular space** (أو الحيز البولي **urinary space**) الذي يصب فيه السائل الذي يرشح من الدم عبر جدر الشعيرات والطبقة الحشوية. وكما يتضح من الشكلين 6 و7 فإن لكل كرية كلوية قطب دموي **vascular pole** حيث يدخل الشريان الوارد **afferent arteriole** الذي ينقسم إلى أفرع أولية (يتراوح عددها بين 2 و5)، ينقسم كل منها بدوره إلى شعيرات دموية تكوّن بمجمّلها الكبيبة

14

glomerulus الكلوية. ويقابل القطب المذكور منطقة تسمى القطب البولي urinary pole الذي يبدأ منه الأنابيب المتلوي الداني proximal convoluted tubule (شكل 6، 7).



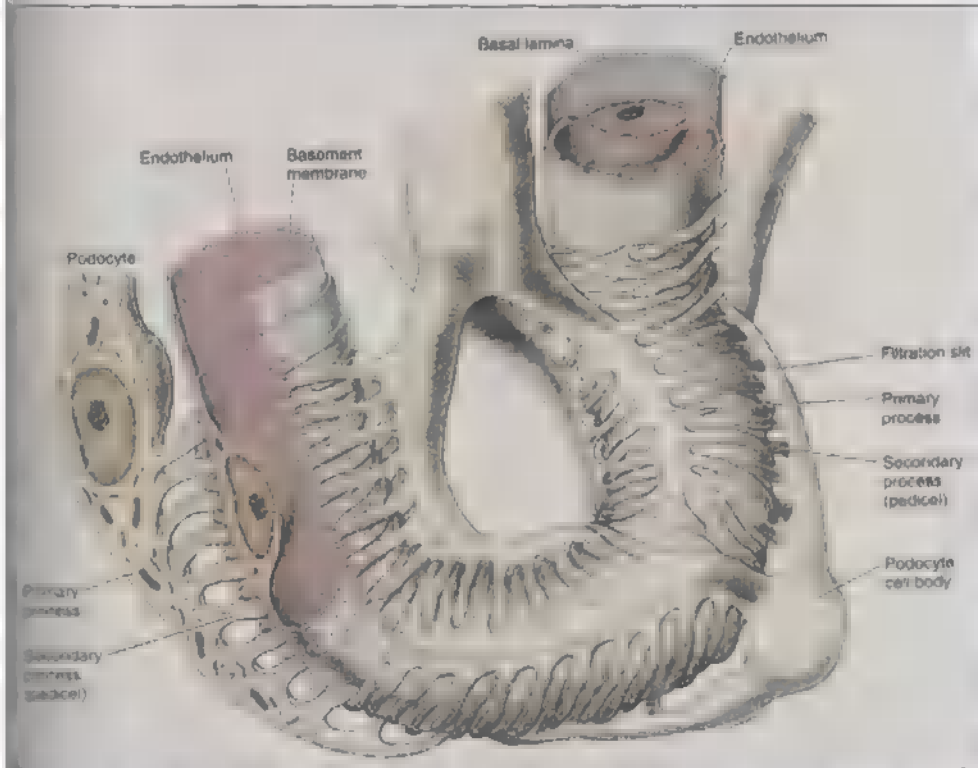
(شكل 6) رسم بياني يبين مكونات الكلية الكلوية. لاحظ الجهاز المجاور للكلية والقطبين البولي والدموي.



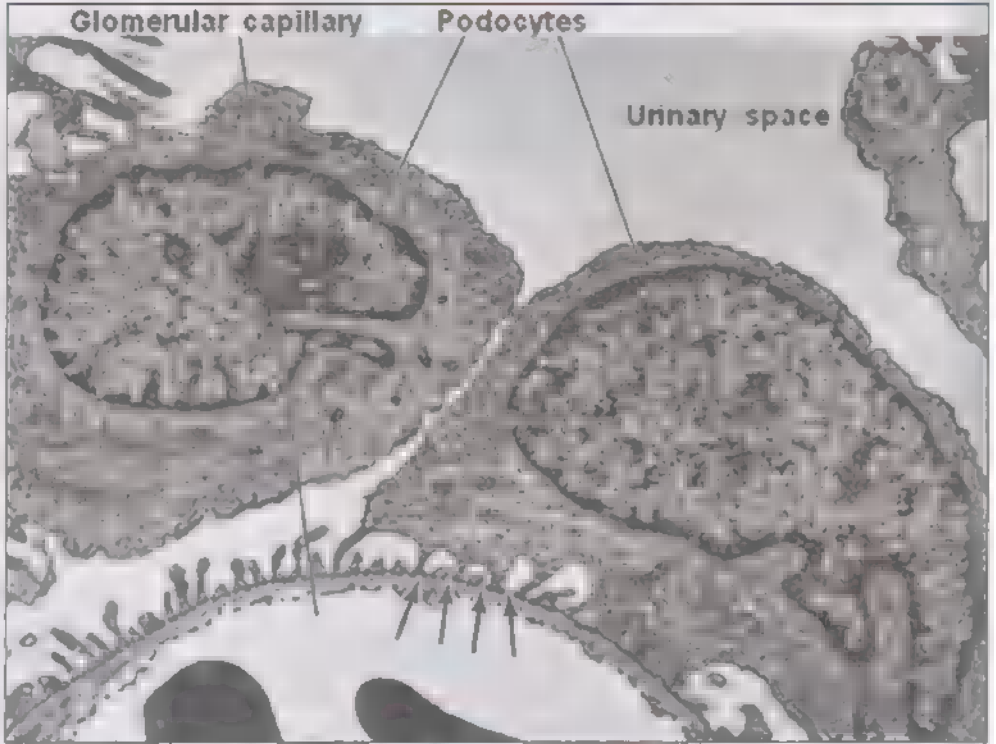
(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية تبين مكونات كلية ككلوية. لاحظ الطبقتين الجدارية والحشوية والقطبين البولي والدموي.

أ. الطبقة الجدارية **Parietal Layer**: تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي حرشفي بسيط يرتكز على صفيحة قاعدية وطبقة رقيقة من الألياف الشبكية. وعند القطب البولي يتحول هذا النسيج إلى طلائي مكعب بسيط (شكل 7).

ب. الطبقة الحشوية **Visceral Layer**: تتشكل هذه الطبقة من خلايا قديمة **podocytes** (شكل 6-8) لها عدة بروزات أولية **primary processes**. يتفرع كل منها إلى عدة بروزات ثانوية **secondary processes** (رجيلات **pedicels**) (شكل 7-8)، تلتف حول شعيرات الكبيبة وترتكز على صفائحها القاعدية **basal lamina** (شكل 8-10). وتتداخل البروزات الثانوية وتشكل حيزاتها البينية شقوق ترشيح **filtration slits** تعتمد عن بعضها بمسافة 25 nm. وتعتمد بين تلك الشقوق حواجز عرضية شبيهة بـ **fenestrations** الموجودة في الشعيرات الدموية المجاورة (شكل 8-10). ويحتوي سيتوبلازم الخلايا القديمة وفرة من الريبوسومات الحرة، وأعداداً قليلة من الميتوكوندريا، وشبكة إندوبلازمية بسيطة، وبعض الخييطات الدقيقة. أما البروزات الثانوية فتحتوي عدة أنيبيبات وخييطات دقيقة.



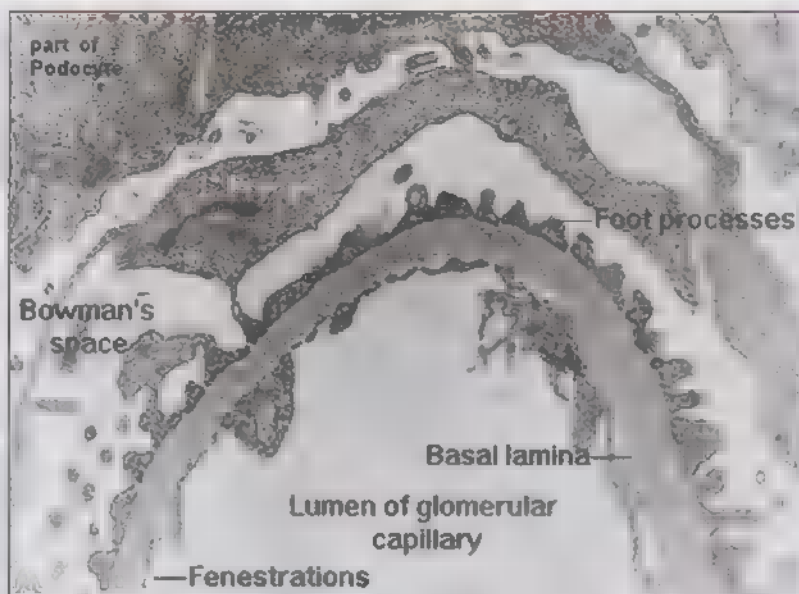
(شكل 8) رسم يبعد ثلاثي لخلية قديمة. لاحظ شقوق الترشيح بين بروزاتها الثانوية.



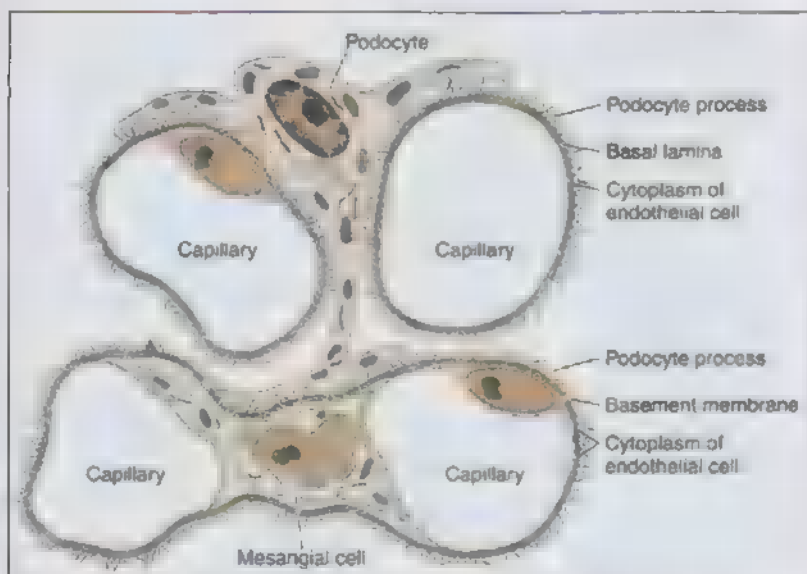
(شكل 9) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين جسمي خليتين قدميتين والبروزات الثانوية (أسهم) التي تتجاوز مع ثغوب شعيرة كبيبية.

وكما ذكرنا سابقاً، ترتكز البروزات الثانوية على صفائح قاعدية تمثل اندماجاً للصفائح القاعدية التي تكونها الخلايا القدمية والشعيرات الدموية (شكل 10)، وبينت الدراسات بأن الصفيحة القاعدية المشتركة المشار إليها تعمل كمرشح انتقائي للجزيئات الكبيرة، بحيث لا تعبرها الجسيمات التي يزيد قطرها عن 10 nm، وكذلك البروتينات سالبة الشحنة التي يزيد كتلتها الجزيئية عن 70 kDa.

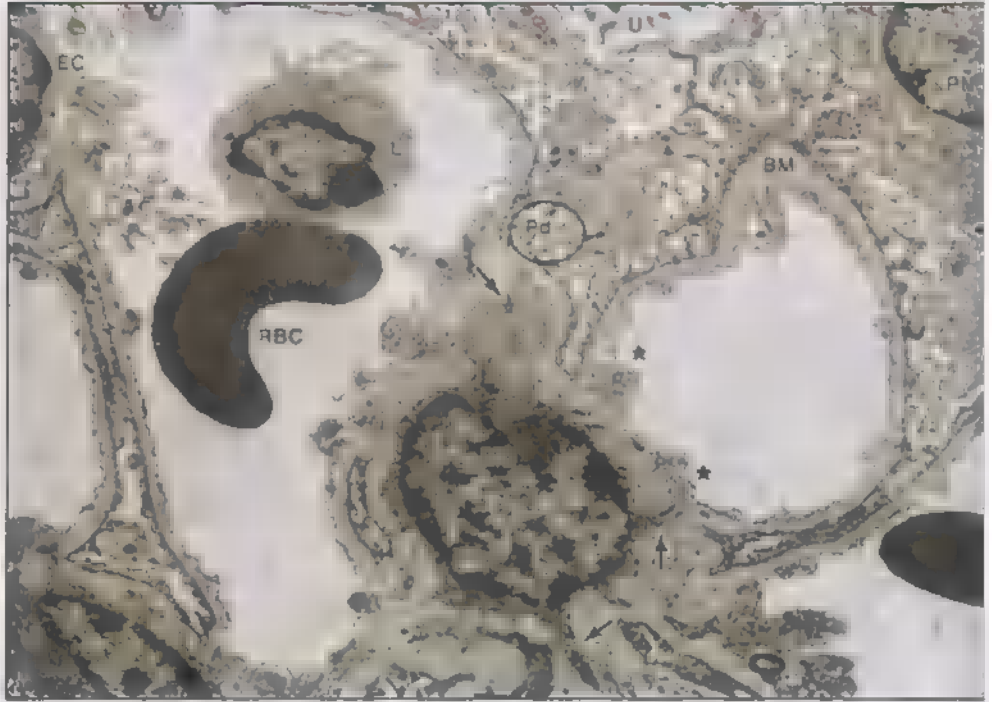
إضافة إلى الخلايا البطانية والخلايا القدمية، فإن شعيرات الكبيبة تحاط بـ خلايا وعائية وسيطة mesangial (شكل 12.11). وفي هذه الحالة، تحاط الشعيرات الدموية والخلايا المذكورة بصفيحة قاعدية واحدة، وتمتد من تلك الخلايا بروزات سيتوبلازمية تتسلل بين الخلايا المبطنة للشعيرات لتصل إلى تجاويها. وتفرز الخلايا الوعائية الوسيطة مادة تحيط بها، وبذلك توفر دعامة لجدر الشعيرات، ويعتقد أن هذه الخلايا تعمل في تنظيف الصفيحة القاعدية من الجسيمات التي تتجمع أثناء عملية الترشيح المشار إليها آنفاً.



(شكل 10) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين العلاقة بين شعيرة دموية في كبسولة كلوية وبروزات خلايا قديمة متاخمة.



(شكل 11) رسم يبين العلاقة بين الخلايا المبطنة للشعيرات والخلية الوعائية الوسطية والخلايا القديمة.

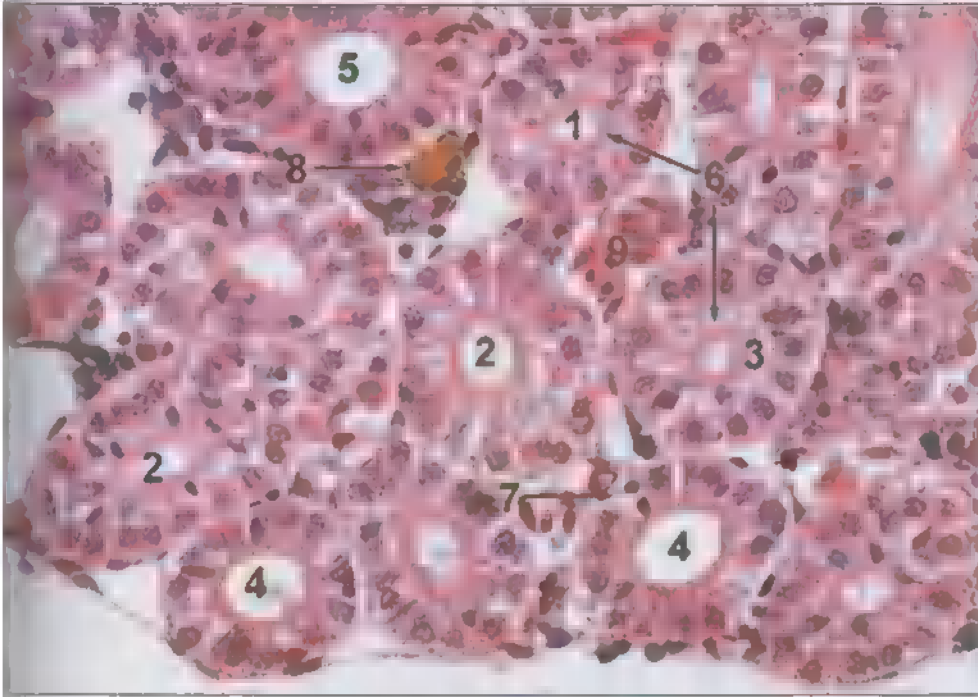


(شكل 12) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تبين العلاقة بين خلية وعائية وسطية (MC) وبروزاتها (اسهم) التي تمر بين الخلايا المبطنة للشعيرات (نجمة) لتصل تتجاوزها. لاحظ بروزات الخلايا القدمية (Pd) ونواتها (Pn) والصفحة القاعدية (BM) وخلية الدم الحمراء والخلية للمفاوية (L) والحيز البولي (U).

2.1.1 الأنبيب المتكوي الداني Proximal Convolved Tubule

يبلغ طول هذا الأنبيب حوالي 15 ملم بينما يبلغ قطره 60 μm . ويطن هذا الأنبيب بنسيج طلائي مكعب أو عمادي بسيط ويوجد في قشرة الكلية، وتتسم خلاياه بالصفات التالية (شكل 13-15):

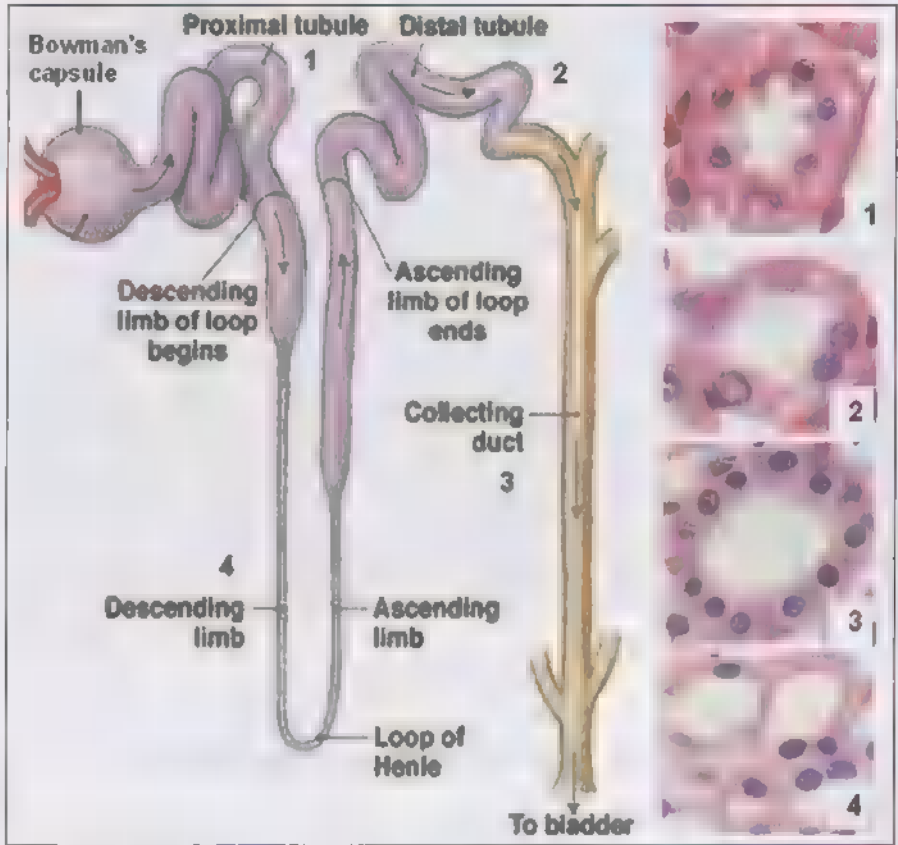
- أ. تحتوي أعداداً كبيرة من الميتوكوندريا وخاصة في قواعدها (شكل 15).
- ب. تحمل خملات دقيقة متعددة تعزز كفاءتها الامتصاصية (شكل 13-15).
- ج. نواها كروية ومركزية ويحتوي سيتوبلازمها عدة قنّيات بين قواعد الخملات الدقيقة، ولهذه القنّيات دور هام في قدرة الأنبيبات الدانية على امتصاص الجزيئات الكبيرة.
- د. ينشأ من جوانبها انغمادات غشائية (شكل 15)، تحتوي مضخات K^+/Na^+ المسؤولة عن النقل النشط لأيونات الصوديوم.



(شكل 13) صورة مجهرية ضوئية تبين بعض مكونات قشرة الكلية، وتظهر الأنابيب الدانية (1-3) التي تتميز بوفرة خملاتها الدقيقة (6)، والأنابيب القاصية (4) وحقأة التجميع (5)، لاحظ منطقة انقسام خلوي (7) وخلية أكولة كبيرة (8) وخلايا دم حمراء (9)، لاحظ المنطقة الوريدية (خملات دقيقة) التي تبطن تجاويف الأنابيب الدانية والقاصية وهي أكثر في الأولى منها في الثانية.

3.1.1 عروة هنلي Henle's Loop

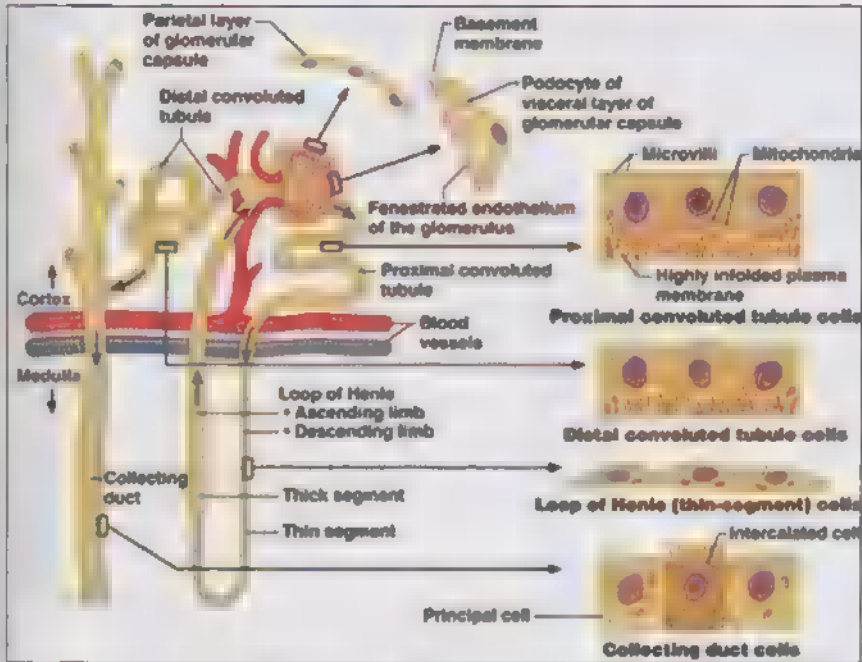
تشبه هذه العروة حرف U، ويبلغ طولها حوالي 16 ملم وقطرها حوالي 18 μm ، وهي تتكون من طرف هابط وآخر صاعد (شكل 14). ويتكون الطرف الهابط descending limb من جزء غليظ thick segment وقطره حوالي 60 μm ، ويشبه الأنبيب الملتوي الداني في تركيبه ويوجد في قشرة الكلية (شكل 15.14)، إضافة إلى جزء نحيف thin limb، ويبلغ قطره حوالي 12 μm ويوجد في لب الكلية، وهو مبطن بنسيج طلائي حرشفي بسيط (شكل 15.14). أما الطرف الصاعد ascending limb فيتكون من جزء نحيف مبطن بخلايا حرشفية ويوجد في لب الكلية، وجزء غليظ يتصل بالأنبيب الملتوي القاصي، وتبطنه خلايا مكعبة بسيطة (شكل 15.14).



(شكل 14) رسم لمكونات نفرون (يسار). وصور مجهرية ضوئية لمقاطع عرضية في الأنابيب المتوي الداني (1) والأنابيب المتوي القاصي (2)، وقناة التجميع (3)، والجزء النحيف من عروة هنلي (4).

4.1.1 الأنابيب المتوي القاصي Distal Convoluted Tubule

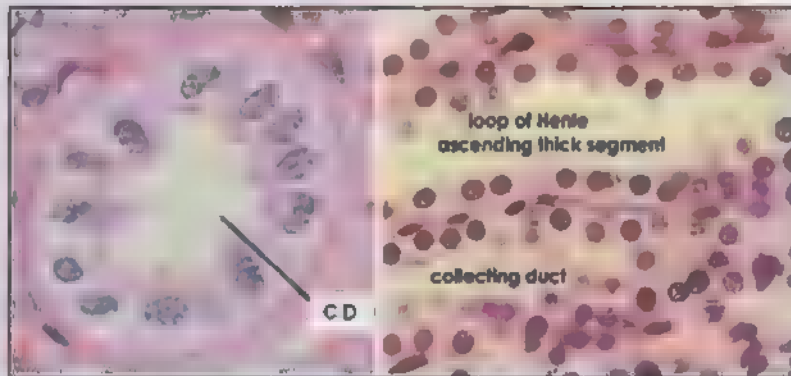
هذا هو الجزء الأخير من النفرون وهو متعرج جداً ويشكل امتداداً للطرف الصاعد الفليظ من عروة هنلي، ويوجد في قشرة الكلية، ويبطن بنسيج طلائي مكعب بسيط لخلاياه خملات دقيقة وميتوكوندريا أقل، كما أن لأغشية هذه الخلايا إنغمادات قاعدية (شكل 15). ويبلغ طوله حوالي 5 ملم ويتراوح قطره بين 20 و 50 μm . ويتلاصق هذا الأنبيب أثناء مساره في قشرة الكلية ب القطب الدموي vascular pole لكريه الكلية التابعة لنفس النفرون، وفي هذا الموقع المجاور للكبيبة تصبغ خلايا هذا الأنبيب عمادية الشكل. ويسبب اكتظاظ نوى الخلايا تبدو المنطقة المشار إليها داكنة، ولذلك يطلق عليها اسم البقعة الكثيفة macula densa (شكل 7.6). ويعتقد أن لهذه النقطة دور في ضبط سرعة الترشيح في كبيبات الكلية وستشير إلى هذه البقعة لاحقاً.



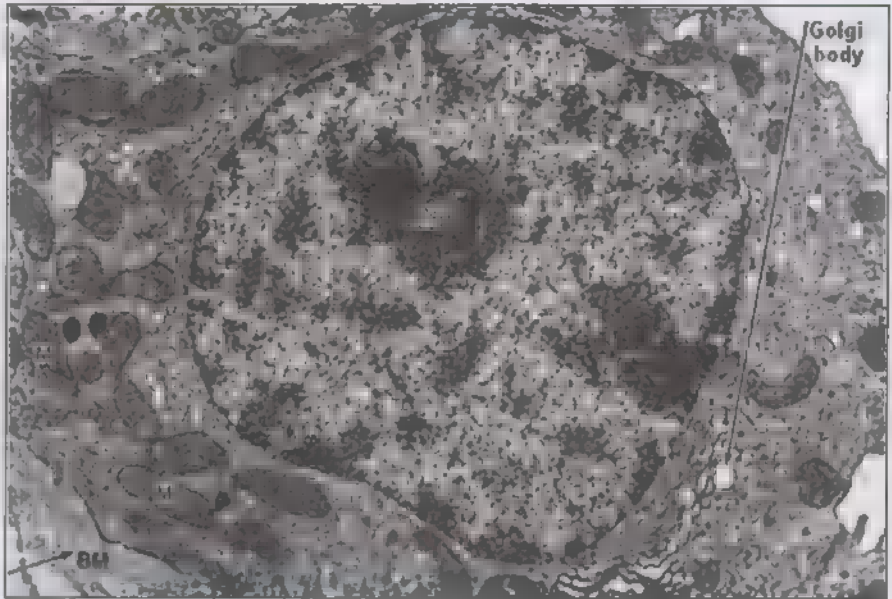
(شكل 15) رسم يبين مكونات النفرون والتركيب الدقيق لكل منها.

2.1 أنيببيات وقنوات التجميع Collecting Tubules and Ducts

يمر البول من الأنيببيات المتتوية القاصية إلى أنيببيات تجميع ترتبط مع بعضها لتكوّن قنوات تجميع collecting ducts كبيرة يبلغ قطرها حوالي 200 μm (شكل 3)، وتمتد من قشرة الكلى إلى لبها حيث تتسع بالتدريج باقترابها من نهايات أهرام اللب medullary pyramids. يبلغ طول كل أنيببيب تجميع حوالي 20 ملم ويصل قطره إلى 40 μm . ويبطن بنسيج مكعب بسيط (شكل 16) 17 تحتوي خلاياه عدة ميتوكوندريا (شكل 17). وتساهم قناة التجميع في زيادة تركيز البول.



(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية لقناة تجميع في مقطع طولى (يمين) وآخر عرضي (يسار).

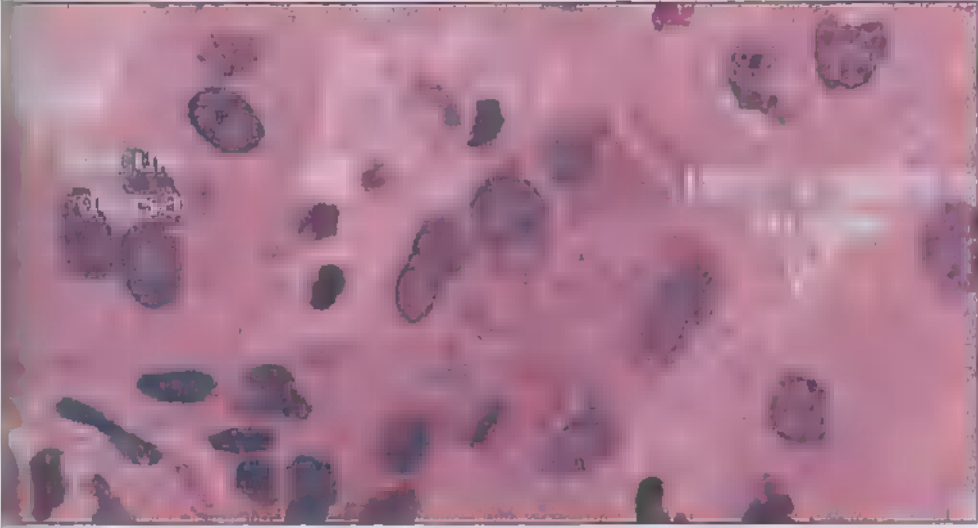


(شكل 17) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لخلية من قناء نجمي. BM = صفيحة قاعدية؛
M = ميتوكوندريا؛ Nu = نوية.

1. الجهاز المجاور للكبيبة Juxtaglomerular Appartatus

يتشكل هذا الجهاز من البقعة الكثيفة macula densa التي أشرنا إليها آنفاً إضافة إلى الخلايا العضلية الملساء الموجودة في الطبقة الوسطى من الشريان الوريدي afferent arteriole للكبيبة (شكل 4-7). وتسمى الخلايا العضلية المشار إليها بالخلايا المجاورة للكبيبة juxtaglomerular cells، وهي تفرز مواد تساهم في ثبات ضغط الدم.

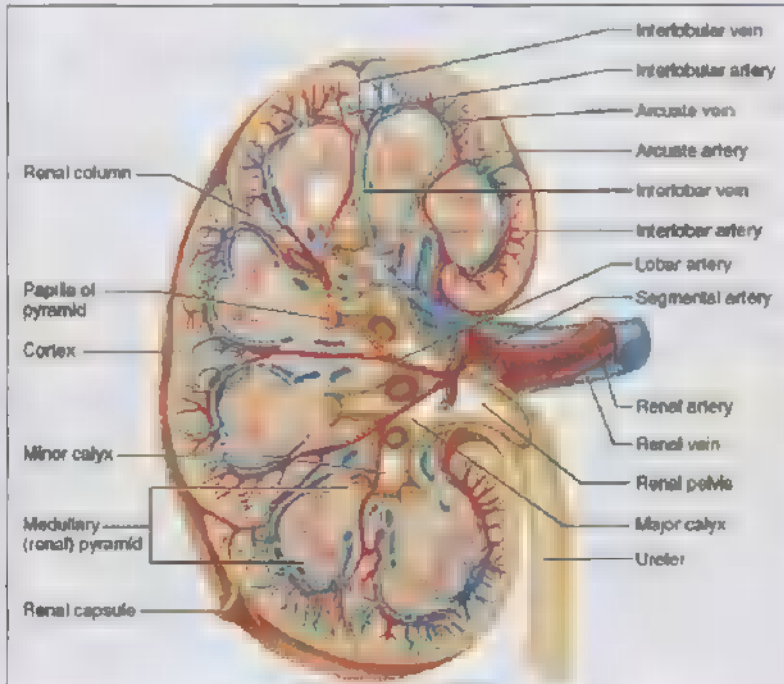
عند دراسة الخلايا المجاورة للكبيبة بالمجهر الإلكتروني يتبين بأنها تحتوي شبكة إندوبلازمية واسعة، وجهاز جولجي نام جداً، إضافة إلى حبيبات إفرازية يتراوح قطرها بين 10-40 nm، وتفرز الخلايا المذكورة إنزيم رنين renin (شكل 18) الذي يعمل على تحويل مولد الموتّر الوعائي angiotensinogen إلى الموتّر الوعائي I angiotensin حيث يتحول تحت تأثير إنزيم رثوي إلى بيتيد ثماني يدعى الموتّر الوعائي II angiotension. ونتيجة لذلك يرتفع ضغط الدم بسبب تقلص الشريينات وزيادة إفراز الهرمون ألدوستيرون aldosterone من قشرة الغدة الكظرية. ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص أيونات الصوديوم والكلوريد في أنابيب الكلى، وخاصة في الأنابيب القاصي، وهذا ما يؤدي إلى زيادة السوائل في الدم وبالتالي يزداد ضغط الدم.



(شكل 18) صورة بالمجهر الضوئي تبين حبيبات رنين في خلايا مجاورة للكبيبة.

4.1 الدورة الدموية الكلوية Renal Blood Circulation

أ. تزود كل كلية بشريان كلوي renal artery ينقسم إلى فرعين قبل دخوله الكلية، واحد يرفد جزؤها الأمامي وآخر يزود جزؤها الخلفي (شكل 19).



(شكل 19) رسم يبين الدورة الدموية في الكلية.

ب. في صرة الكلية يتفرع هذان الشريانان لتكوين شرايين بين فصية interlobar arteries تقع بين الأهرام الكلوية (شكل 19) . وفي منطقة اتصال قشرة الكلية باللب، تكوّن هذه الشرايين أوعية جديدة تسمى شرايين مقوسة arcuate arteries التي تخرج منها شرايين بين فصيصية interlobular arteries تتبع مساراً متعامداً مع كبسولة الكلية (شكل 19) .

ج. ينشأ من كل شريان بين فصيصي شريانات واردة afferent arterioles تزود شعيرات الكبيبات بالدم (شكل 19) .

د. يخرج الدم من شعيرات الكبيبات إلى شريانات صادرة efferent arterioles تتفرع لتكوّن شبكة شعيرات محيطة بالأنابيب peritubular capillary network بحيث تزود الأنابيب بالملتوية الدانية والقاصية بالمواد المغذية والأكسجين، وتأخذ منها الأيونات الممتصة والمواد ذات الأوزان الجزيئية الصغيرة. وتتبع الشبكة المذكورة مساراً مستقيماً باتجاه لب الكلية، ومن ثم ترتد إلى الخلف باتجاه منطقة لقاء القشرة باللب، وبذلك تشكل هذه الشبكة أوعية مستقيمة vasa recta (شكل 19) .

هـ. تلتقي الشعيرات المحيطة بالأنابيب الكلية مع الأوعية المستقيمة vasa recta التي تحيط بحلقة هنلي لتكوّن أوردة بين فصيصية interlobular veins (شكل 19)، ثم ينتقل الدم من هذه الأوردة إلى أوردة مقوسة arcuate veins ومنها إلى أوردة بين فصية interlobar veins التي تلتقي لتكون الوريد الكلوي renal vein الذي يخرج عبره دم الكلية ليعود إلى القلب (شكل 19) .

5.1 فسيولوجية الكلية

تعمل الكلية على استتباب التركيب الكيميائي لجسم الإنسان. ويتم ذلك عبر ثلاث عمليات ينتج عنها تكوين البول، وهذه العمليات هي: الترشيح filtration، والامتصاص absorption، والإخراج excretion. ونظراً لأن هذا الموضوع ذو طبيعة فسيولوجية بحتة، فإننا نترك تفاصيله إلى مساق فسيولوجيا الإنسان.

تجدر الإشارة إلى أن حجم الدم الذي يمر في كليتي الإنسان البالغ يقدر بحوالي 1200 مل في الدقيقة الواحدة، وهذا يعني أن كل الدم في جسم الإنسان يمر في الكليتين كل أربع دقائق تقريباً. ويبلغ حجم الراشح من الكليتين حوالي 125 مل في الدقيقة الواحدة، ومن هذا الحجم يعاد امتصاص 124 مل ويطرح حوالي ملتر واحد في البول. وعليه، يبلغ حجم البول الذي يتكون يومياً حوالي 1.5 لتراً.

6.1 ضبط وظيفة الكلية

تضبط وظيفة الكلية بثلاث وسائل هي:

أ. الهرمون المضاد للإدرار Anti Diuretic Hormone ADH: ويفرز من الفص الخلفي للغدة النخامية ويساعد في المحافظة على أكبر قدر من الماء عند تعرض الجسم لحالة جفاف أو

عند إدخال كميات قليلة من الماء إلى الجسم، كما يحدث أثناء الصيام. ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص الماء في قنوات التجميع.

ب. الهرمون الأذيني المفر للصوديوم Atrial Natriuretic Protein ANP: يفرز من الأذنين الأيمن، ويحفز إدرار الصوديوم في البول، وينشط هذا الهرمون عند زيادة ضغط الدم نتيجة زيادة منسوب الصوديوم.

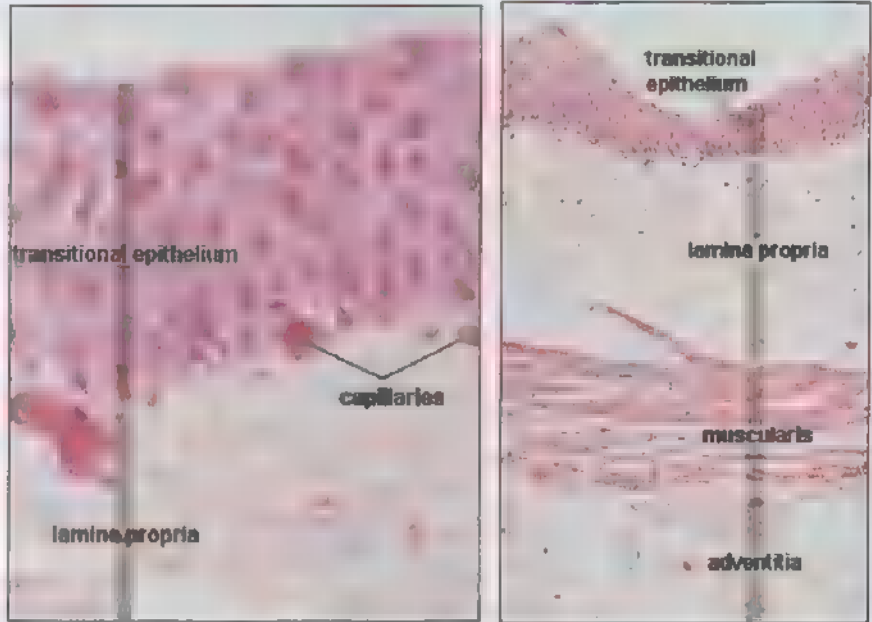
ج. إنزيم رنين Renin Enzyme: يفرز من الجهاز المجاور للكبيبة juxtaglomerular apparatus وذلك عند نقصان ضغط الدم بسبب انخفاض مستوى الصوديوم، ويعمل هذا الإنزيم على تحويل مولد موتر الأوعية angiotensinogen إلى موتر الأوعية angiotensin II الذي يعمل كهرمون يحفز قشرة الغدة الكظرية لإفراز هرمون ألدوسترون aldosterone الذي يزيد امتصاص الصوديوم ويزيد بالتالي ضغط الدم.

2. الحالب Ureter

الحالب أنبوب عضلي يبلغ طوله حوالي 27 سم، وقطره حوالي 1.5 سم، ينقل البول من حوض الكلية إلى المثانة البولية، ويتكون جداره من ثلاث طبقات، هي: المخاطية mucosa ويقع تحتها طبقة مخصوصة lamina propria تتشكل من نسيج ضام رخو، والعضلية muscularis والخارجية adventitia (شكل 21.20).



(شكل 20) صورة بالمجهر الضوئي لجدار حالب بطبقاته المخاطية (1) والمخصوصة (2) والعضلية (3) والخارجية (4). لاحظ تجويف الحالب (L) والنسيج الدهني حوله (أسهم).

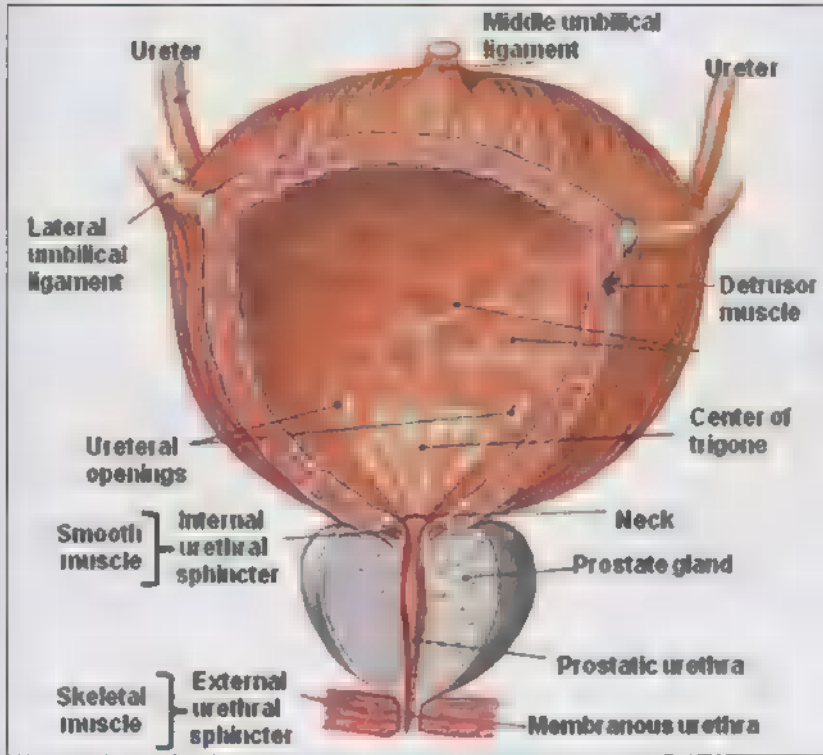


(شكل 21) صورة بالمجهر الضوئي لقطع عرضي من جدار حالب بطبقاته الأربع (يمين)
وصورة مكبرة تبين الخلايا السطحية المقببة في نسيجه الانتقالي (يسار).

تشكل الطبقة المخاطية في الحالب من نسيج طلائي انتقالي **transitional epithelium** (شكل 21) يتكون من أربع إلى خمس طبقات خلوية، ويرتكز هذا النسيج على صفيحة قاعدية نحيفة تقع تحتها منطقة غنية بالألياف المرنة وبعض النسيج اللفافوي. وبسبب الثنايا الطولية للطبقة المخاطية، يأخذ تجويف الحالب شكلاً نجمياً (شكل 20). وتتكون الطبقة العضلية من ألياف عضلية ملساء تتنظم طولياً من الداخل ودائرياً إلى الخارج (شكل 20). وعند نهاية الحالب القريبة من المثانة البولية توجد طبقة عضلية ثالثة تقع إلى الخارج، وتنظم أليافها بشكل طولي، وتتفصل الطبقات العضلية عن بعضها بنسيج ضام فجوي. أما الطبقة الخارجية من جدار الحالب، فإنها تتألف من نسيج ضام طري يحاط بنسيج دهني وافر (شكل 20، 21).
تجدر الإشارة إلى أن جدار الحالب يزداد تفلظاً كلما اقترب من المثانة البولية، وأن التركيب النسيجي المشار إليه يشبه إلى حد كبير ذلك الموجود في جدر المثانة البولية وحوض الكلية.

3. المثانة البولية **Urinary Bladder**

تقوم المثانة باستلام البول من الحالبين (شكل 22) وتخزينه لحين إفراغه أثناء التبول. ويتشكل جدار المثانة من طبقة مخاطية **mucosa** تتكون من نسيج إنتقالي يرتكز على طبقة من نسيج ضام رخو، تقع إلى خارجها طبقة عضلية **muscularis** يقع فوقها طبقة خارجية **adventitia** تغطي بنسيج دهني (شكل 21).



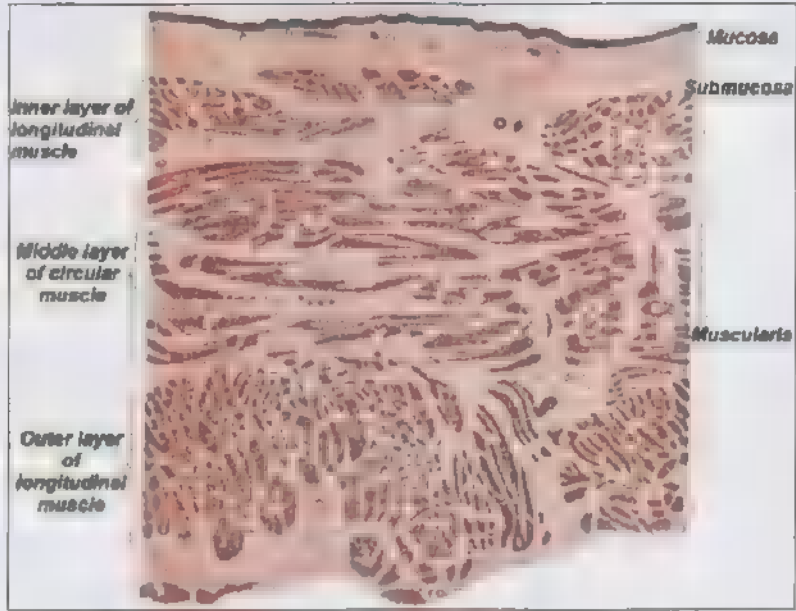
(شكل 22) رسم يبين علاقة المثانة البولية بالحالبين والبروستات والإحليل

تتوزع الخلايا العضلية في جدار المثانة في كل الاتجاهات. وعند التقائها في عنق المثانة، تنتظم هذه العضلات بثلاث طبقات هي:

أ. داخلية طولية internal longitudinal، تصبح دائرية عند ابتعادها عن العنق، وخاصة حول إحليل البروستات prostatic urethra، وتشكل ألياف هذه الطبقة العضلية العاصرة اللاإرادية smooth sphincter في المثانة (شكل 23.22).

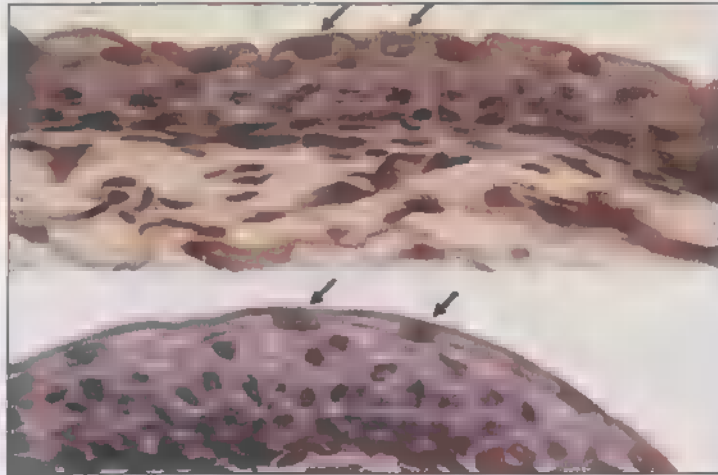
ب. وسطى دائرية، تنتهي في عنق المثانة، وهي الأغلفة، (شكل 23)

ج. خارجية طولية external longitudinal (شكل 23) تمتد حتى نهاية البروستات في الذكر وحتى قناة الإحليل الخارجية في الأنثى. وتغطي المثانة من الخارج بنسيج ضام طري رقيق.



(شكل 23) رسم يبين بمقطع عرضي مكونات جدار المثانة البولية وتوزيع طبقاته العضلية.

وفي المثانة البولية الفارغة يتكون النسيج الطلائي الانتقالي غير المتعدد من 5-6 طبقات خلوية، وتكون الخلايا السطحية كروية. وتأخذ أحياناً شكل قباب (شكل 22)، وغالباً ما تكون هذه الخلايا ثنائية النوى. أما النسيج الطلائي الانتقالي في المثانة الممتلئة بالبول، فإنه يتكون من 3-4 طبقات خلوية، وتبدو الخلايا المطلة على التجويف مسطحة (شكل 24).



(شكل 24) صورتان بالإنجهر الضوئي لنسيج طلائي انتقالي في جدار مثانة بولية ممتلئة (فوق) وجدار مثانة فارغة (تحت). لاحظ رؤوس الخلايا المقببة (فوق. أسهم) والرؤوس المسطحة (تحت. أسهم).

4. الإحليل Urethra

يمثل هذا الممر أنبوباً يحمل البول من المثانة البولية إلى خارج الجسم. وفي الذكر، يحمل الإحليل السائل المنوي والبول، أما في الأنثى فإنه يحمل البول فقط.

1.4 إحليل الذكر Male Urethra

يتراوح طول الإحليل في الذكر بين 18 و20 سم، ويتشكل هذا العضو من ثلاثة أجزاء هي البروستاتي prostatic، والغشائي membranous، والكهفي cavernosum (شكل 22). أ. الإحليل البروستاتي: وهو الجزء الأولي وتحيط به غدة البروستات (شكل 22)، وتصيب فيه القنوات التي تحمل إفرازات الغدة المذكورة. ويظهر في الجزء القاصي من هذا الإحليل منطقة منتفخة تصب فيها قناتا القذف ejaculatory ducts. ويبطن الإحليل البروستاتي بنسيج طلائي انتقالي.

ب. الإحليل الغشائي: وهو جزء قصير يبلغ طوله حوالي 18 ملم، ويمتد من الجزء السفلي للبروستات حتى الجسم الكهفي corpus cavernosum في القضيب.

ويحيط بهذا الإحليل عضلة هيكلية عاصرة، ويبطنه نسيج طلائي طبقي كاذب. ج. الإحليل الكهفي: ويبلغ طوله حوالي 15 سم، ويمر عبر الجسم الكهفي corpus cavernosum للقضيب. وتخرج من جدار هذا الجزء عدة انبعاجات، تحتوي خلايا مخاطية.

2.4 إحليل الأنثى Female Urethra

يبلغ طول هذا العضو حوالي 4 سم، يحيط بالجزء الأوسط منه عضلة عاصرة sphincter إرادية، تبرز عمل العضلات اللاإرادية التي تحيط بالبطانة الطلائية لهذا العضو. ويبطن الحالب بنسيج طلائي طبقي حرشفي ويوجد في بعض أجزائه نسيج طبقي كاذب.

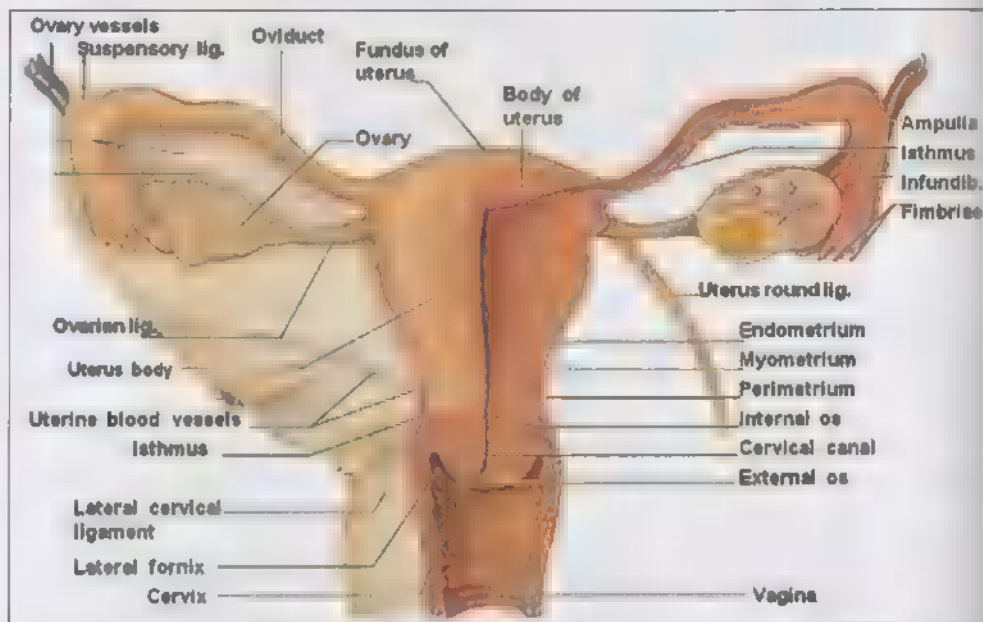
الفصل الخامس عشر

الجهاز التناسلي الأنثوي

The Female Reproductive System

322.....	5. عنق الرحم	307.....	1. المبيض
322.....	6. المهبل	315.....	2. قناة المبيض
324.....	7. الغدد الثديية	318.....	3. الرحم
		319.....	4. الدورة الشهرية

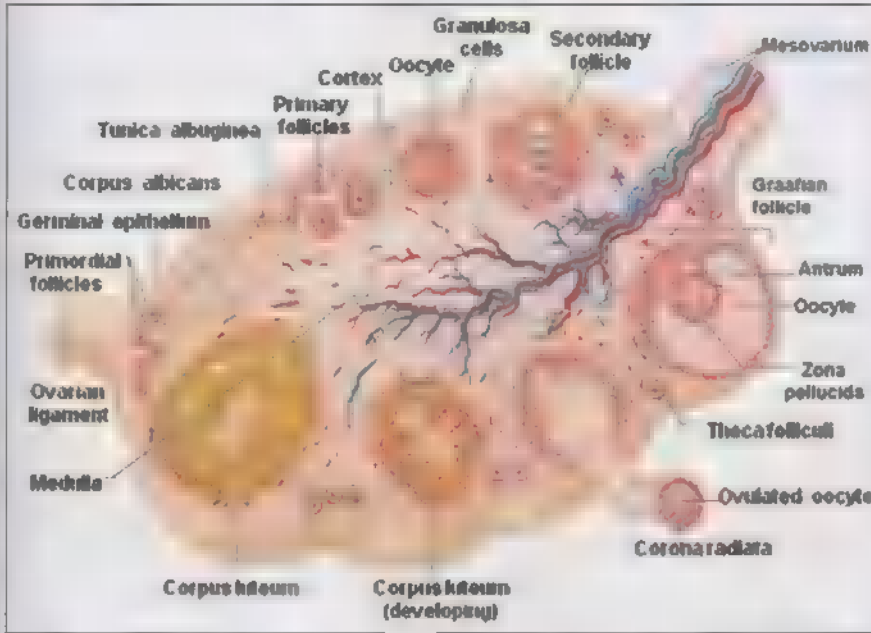
يتكون الجهاز التناسلي الأنثوي من مبيضين وقتاتي مبيض ورحم ومهبل، إضافة إلى الأعضاء التناسلية الخارجية (شكل 1). وفي الأنثى البالغة، تحدث تغيرات دورية في تركيب ووظيفة هذه الأعضاء، وذلك خلال الفترة العمرية الواقعة بين بدء الإحاضة (menarche (سن 12-14) والإياس (menopause (سن 45-50). وعلى الرغم من أن الغدد الثديية لا تعتبر جزءاً من هذا الجهاز، إلا أننا سندرسها في هذا الفصل، ذلك أنها تمر بتغيرات ترتبط مباشرة بالتغيرات النسيجية والوظيفية التي تمر بها الأعضاء التناسلية المشار إليها.



(شكل 1) رسم يبين مكونات الجهاز التناسلي الأنثوي.

1. المبيض Ovary

يشبه المبيض حبة اللوز، ويبلغ طوله حوالي 3 سم، وعرضه حوالي 1.5 سم وسمكه 1 سم. ويتصل المبيض برباط عريض من خلال مسراق المبيض mesovarium الذي يمتد من الرحم إلى جدار تجويف الحوض (شكل 1). ويتكون المبيض من منطقة محيطية غليظة تدعى القشرة cortex التي تحتوي حوصلات follicles في مراحل تمايز مختلفة، ولب medulla غني بالأوعية الدموية داخل نسيج ضام طري (شكل 2، 3). ويفطى السطح الخارجي للمبيض بنسيج طلائي حرشفي أو مكعب بسيط، يسمى الطلاء الجرثومي germinal epithelium، يوجد إلى داخله نسيج ضام كثيف يدعى الغلاف الأبيض tunica albuginea (شكل 2).



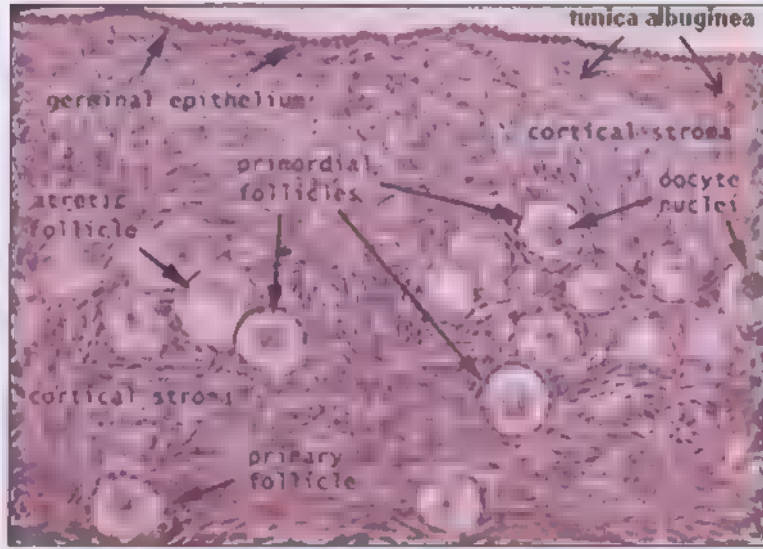
(شكل 2) رسم يبين مقطعاً طويلاً في مبيض الإنسان.

1.1 حوصلات المبيض Ovarian Follicles

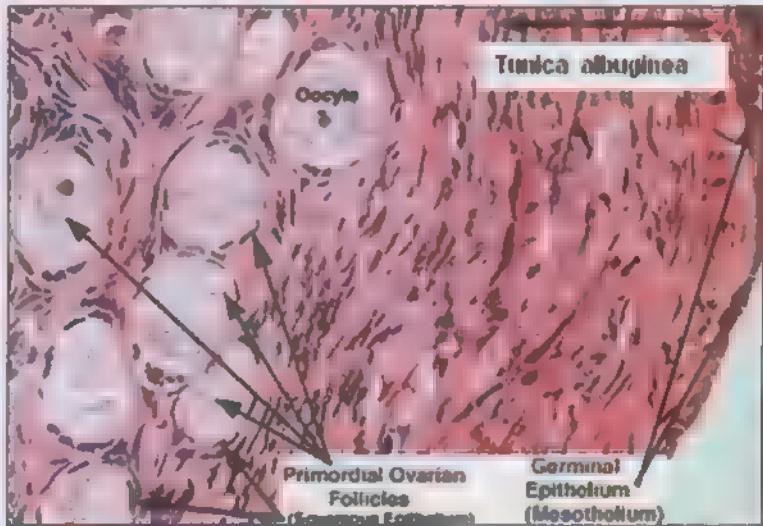
تنتشر الحوصلات في قشرة المبيض (شكل 2)، وتتكون كل حوصلة من خلية بيضية محاطة بطبقة أو أكثر من خلايا حوصلية follicle cells. ويبلغ عدد الحوصلات في مبيض أنثى بالغ حوالي 400,000، ولكن معظمها يتلاشى خلال الفترة الواقعة عند البلوغ. ومن هذا العدد الكبير تمر حوالي 500 حوصلة بتغيرات تؤدي إلى الإباضة ovulation خلال الفترة المذكورة. ويمكن تصنيف حوصلات المبيض إلى أربعة أنواع، هي: البدائية والأولية والثانوية والنافضة.

1.1.1 الحوصلات البدائية Primordial Follicles

يكثر هذا النوع من الحوصلات في مبيض ما قبل الولادة، وتتكون كل حوصلة من خلية بيضية أولية primary oocyte تحاط بطبقة من خلايا حوصلية حرشفية (شكل 3-4)، يبلغ قطر الخلية البيضية حوالي 25 μm ، ولها نواة مركزية يوجد بالقرب منها مركب جولجي نام وتحيط به عدة ميتوكوندريا صغيرة وشبكة إندوبلازمية تحمل على سطحها ريبوسومات قليلة. وفي هذه الحوصلات، تكون أسطح الخلية البيضية الأولية والخلايا الحوصلية المحيطة بها ملساء ومتقاربة. أما الخلايا الحوصلية فإنها تحتوي شبكة إندوبلازمية وقطيرات دهنية وميتوكوندريا قليلة. وتتصل هذه الخلايا بأجسام رابطة desmosomes، كما أنها تتركز على صفيحة قاعدية تفصلها عن النسيج الضام في لحمة stroma المبيض.



(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية تبين بعض أنواع الحوصلات في قشرة مبيض. لاحظ الحوصلات البدائية والأولية والنسيج الطلائى الجرثومي والغلاف الأبيض

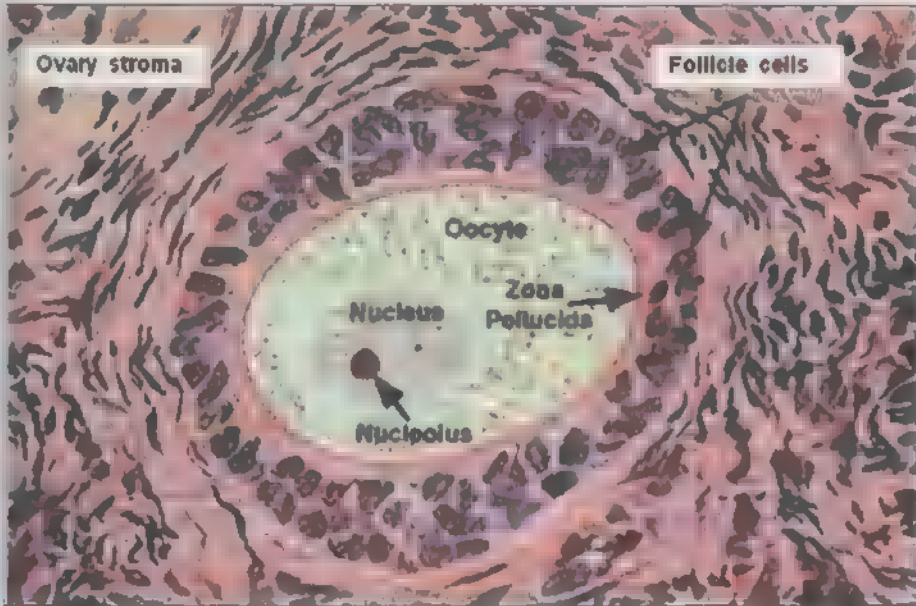


(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية تبين حوصلات بدائية في قشرة مبيض. لاحظ النسيج الطلائى الجرثومي والغلاف الأبيض.

2.1.1 الحوصلات الأولية Primary Follicles

تتحول الحوصلات البدائية إلى حوصلات أولية نشطة، ويشمل هذا التحول تغيرات سيتوبلازمية في الخلية البیضية والخلايا الحوصلية والنسيج الضام المجاور. وبعد نمو هذه الحوصلات يزداد قطر الخلايا البیضية إلى 120 μm ، وتكبر نواتها وتظهر فيها وفرة من الميتوكوندريا ومركبات جولجي والشبكة الإندوبلازمية.

تنظم الخلايا الحوصلية في طبقة واحدة أو طبقتين من الخلايا المكعبة (شكل 5). وفي وقت لاحق، تتوالد الخلايا الحوصلية لتكوّن طبقة حبيبية **granulosa layer**، التي تتألف من عدة طبقات من خلايا مكعبة. ويظهر على سطح الخلية البيضية طبقة لا خلوية تدعى المنطقة الشفافة **zona pellucida** (شكل 5) التي تتكوّن من بروتينات كربوهيدراتية لها دور في تحديد خصوصية التفاعل بين البويضة والحيوان المنوي. ويعتقد أن المنطقة المذكورة تتألف بمساهمات من الخلية البيضية والخلايا الحوصلية المحيطة بها. ويظهر على أسطح الخلية البيضية والخلايا الحوصلية خملات دقيقة **microvilli** تخترق المنطقة المذكورة، وتتصل هذه الخملات مع بعضها عبر روابط فجوية **gap junctions**.

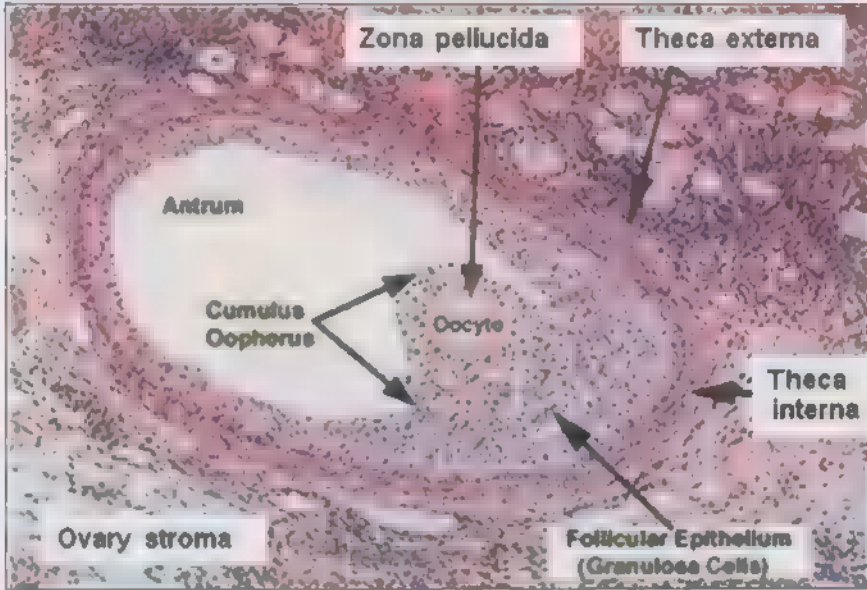


(شكل 5) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة أولية بطبقتين من الخلايا الحوصلية

بتقدم نمو الحوصلة الأولية يزداد محتواها من الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية والريبوسومات وأجسام جولجي والقطيرات الدهنية، كما تكثر الخملات الدقيقة وتتمايز خلايا لحمة المبيض المحيطة بالحوصلة إلى غمد حوصلي **theca folliculi** يتحول لاحقا إلى غمد داخلي **theca interna** وغمد خارجي **theca externa** (شكل 6). ويتألف الغمد الأول من خلايا مكعبة لها خصائص الخلايا الستيرويدية، ويتمثل ذلك بوجود شبكة إندوبلازمية ملساء وافرة، إضافة إلى قطيرات دهنية، ويحتوي هذا الغمد عدة أوعية دموية. أما الغمد الخارجي، فإنه يتكون من ألياف كولاجين وخلايا ليفية.

3.1.1 Secondary Follicles الثانوية

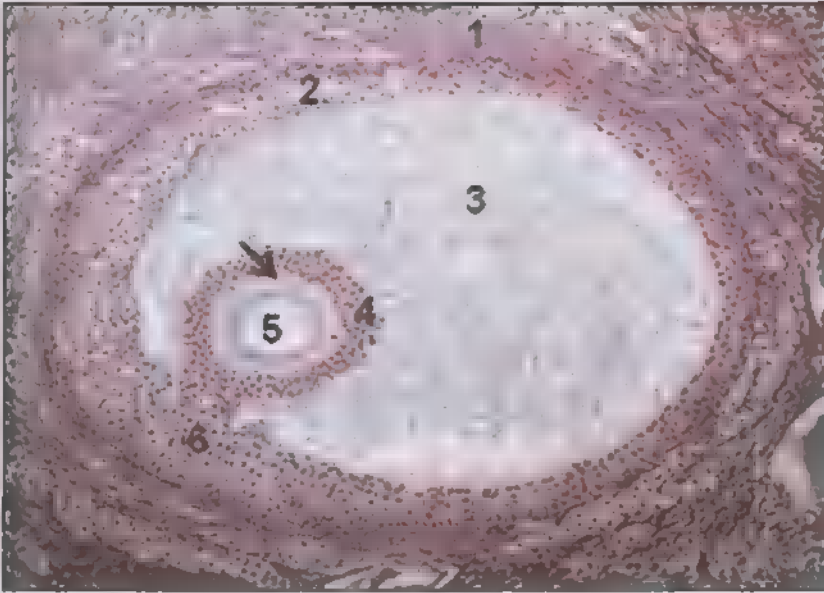
تتوالد خلايا الحوصلة الأولية، وتتخذ الحوصلة شكلاً بيضوياً، تحتل الخلية البيضية فيها موقعا بعيداً عن المركز. وعندما يصبح قطر الحوصلة حوالي 0.2 ملم، فإنها تتكون من 6-12 طبقة من الخلايا الحبيبية، وتبدأ حيزات غير منتظمة بالظهور بين تلك الخلايا. وعند هذه المرحلة يطلق على الحوصلة اسم **الحوصلة الثانوية secondary follicle** (شكل 6). وبنمو الحوصلة الثانوية يزداد حجم سائل الحوصلة، وتندمج الحيزات بين الخلايا الحبيبية لتكون تجويفاً طرفياً يسمى **غار الحوصلة follicular antrum** (شكل 6) الذي يحتوي مواد راشحة من بلازما الدم وبروتينات رابطة للستيرويدات، ومناسيب عالية من **بروجسترون progesterone**.



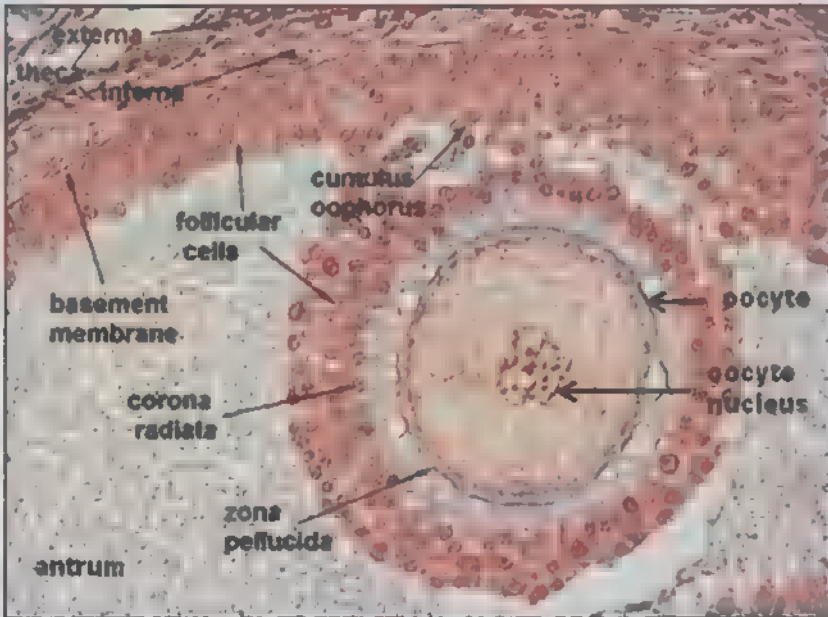
(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة ثانوية

4.1.1 الحوصلات الناضجة Mature Follicles

لهذه الحوصلات اسم آخر هو **حوصلات جراف Graafian follicles** وبلغ قطرها حوالي 25 ملم. وباكتمال نموها تظهر الحوصلة على هيئة نتوء من سطح المبيض. وكنتيجة لتجميع السائل في غار الحوصلة، يكبرتجويفها وتُدفع الخلية البيضية باتجاه جدار الحوصلة، وتتصل به عبر عنق مكون من خلايا حبيبية تشكل حامل الكتلة البيضية **cumulus oophorus** (شكل 7-8). وتتخذ الخلايا الحوصلية التي تحيط مباشرة بالمنطقة الشفافة شكلاً عمادياً وتكوّن منطقة التاجية الشعاعية **corona radiata** (شكل 7-8). وتبقى هذه الطبقة حول البويضة بعد الإباضة، ويتوجب على الحيوان المنوي اختراقها قبل وصوله إلى سطح البويضة.



(شكل 7) صورة مجهرية ضوئية لحوصلة ناضجة. لاحظ غمد الحوصلة (1) والخلايا الحوصلية (2) وغار الحوصلة (3) والطبقة التاجية الشعاعية (4) والمنطقة الشفافة (مهم) والخلية البويضية (5) وحامل الكتلة البويضية (6).

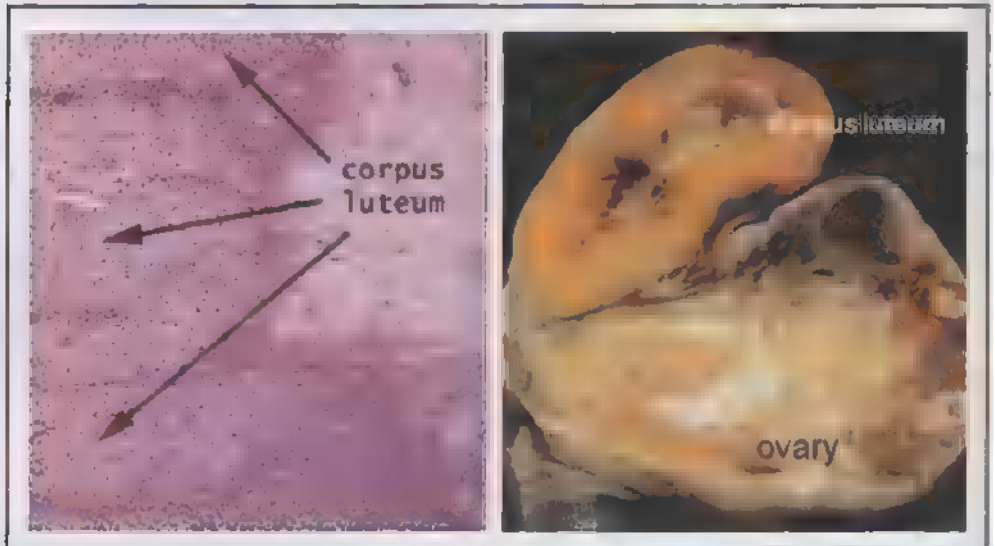


(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من حوصلة ناضجة.

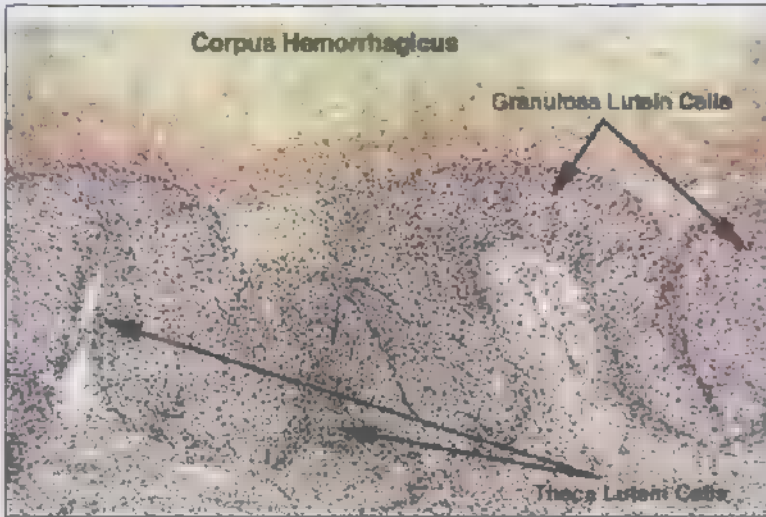
يصل غمد الحوصلة *theca folliculi* قمة نموه في الحوصلة الناضجة، حيث يتكون الغمد الداخلي *theca interna* من خلايا كبيرة تحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء وقطيرات دهنية وفيرة ولها قدرة إفرازية للستيرويدات، مثل إستروجين. وتكون خلايا هذا الغمد مطمورة بشبكة ألياف كولاجين تربطها مع الغمد الخارجي ومع لحمه المبيض (شكل 8). أما الغمد الخارجي *theca externa* فيتشكل من خلايا ليفية وخلايا عضلية ملساء، يعتقد أنها تساهم في الإباضة *ovulation* عند انقباضها.

2.1 الجسم الأصفر *Corpus Luteum*

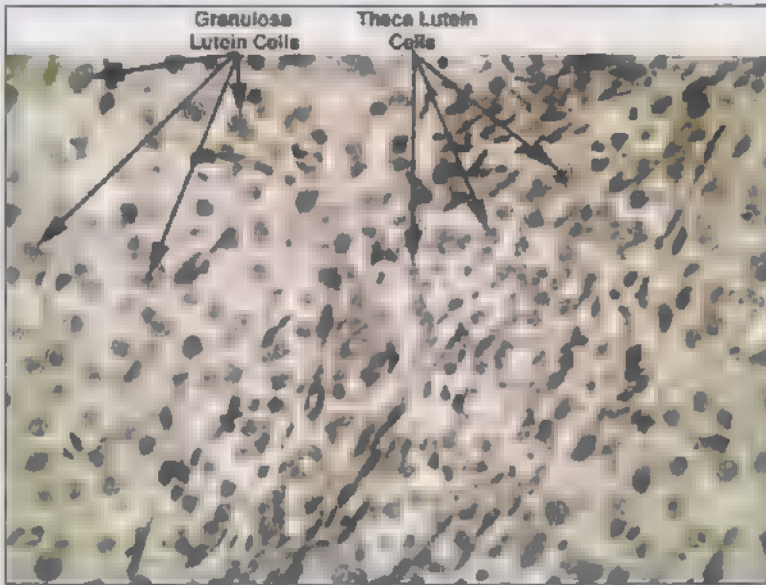
تحفز عدة هرمونات، وخاصة الهرمون الأصفر *luteinizing hormone*، عملية الإباضة وتطلق الخلية البيضية، وبعدها ينهار جدار حوصلة جراف، وتشكل خلاياها المتبقية الجسم الأصفر *corpus luteum* الذي يتسم بجدار له ثنايا داخلية (شكل 10.9) وبتجويف يحتوي خثرة دموية تستبدل لاحقا بنسيج ضام. وفي الجسم الأصفر تزداد الخلايا الحوصلية حجما، ويبلغ قطرها حوالي 30 μm ، ويطلق عليها الخلايا الحبيبية المصفرة *granulosa lutein cells* (شكل 11.10) التي تكتسب صفات الخلايا المفرزة للستيرويدات، وخاصة هرمون بروجسترون. وفي محيط الجسم الأصفر توجد خلايا صغيرة يبلغ قطرها حوالي 15 μm . ولكونها مشتقة من الغمد الداخلي للحوصلة، فإنها تسمى خلايا الغمد المصفرة *theca lutein cells* (شكل 11.10) التي تمتد في ثنايا الجسم الأصفر. وهذه الخلايا شبكة إندوبلازمية ملساء كما في الخلايا الستيرويدية.



(شكل 9) صورة لقطع طولي في الجسم الأصفر ويبدو مسحويا من جسم المبيض (يمين) وصورة مجهرية ضوئية لجزء من جسم أصفر.



(شكل 10) صورة مجهرية ضوئية لجزء من جسم أصفر تبين خلايا حبيبية مصفرة وخلايا غمد مصفرة.



(شكل 11) صورة مجهرية ضوئية مكبرة لجزء من جسم أصفر تبين خلايا حبيبية مصفرة وخلايا غمد مصفرة.

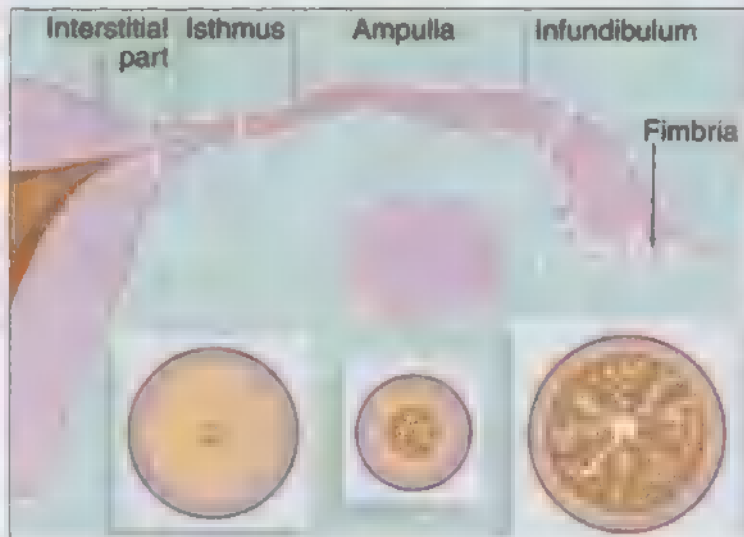
تتمدد الشعيرات الدموية واللمفاوية الموجودة أصلاً في الغمد الداخلي، إلى داخل الجسم الأصفر، وتكوّن شبكة وافرة من الأوعية الدموية. وإذا ما تم الإخصاب يكبر الجسم الأصفر كثيراً ليصل قطره حوالي 5.0 سم، ويطلق عليه عندئذ اسم جسم أصفر الحمل corpus luteum of الحمل

pregnancy الذي يستمر لحوالي ستة أشهر، ويفرز هرمون بروجستيرون **progesterone** الذي يهيئ الرحم لرعاية الجنين. وكذلك هرمون الاسترخاء **relaxin** الذي يوسع فتحة الرحم أثناء الولادة. وإذا لم يتم الحمل، يستمر الجسم الأصفر لمدة أسبوعين تقريباً. ويطلق عليه اسم جسم أصفر الطمث **corpus luteum of menstruation**. الذي ينهار ويتحول إلى جسم أبيض **corpus albicans** (شكل 2).

2. قناة المبيض Oviduct

يطلق على هذا العضو أسماء مختلفة مثل قناة فالوب **Fallopian tube** وقناة الرحم **uterine tube**، وهو أنبوب عضلي يبلغ طوله حوالي 12 سم. ولهذه القناة طرفين، يستلم الأول البويضة بعد إطلاقها من الحوصلة الناضجة، ويوفر لها البيئة المناسبة لإتمام عملية الإخصاب، ثم ينقل اللقيحة (الزيجوت) إلى الرحم عبر الطرف الثاني.

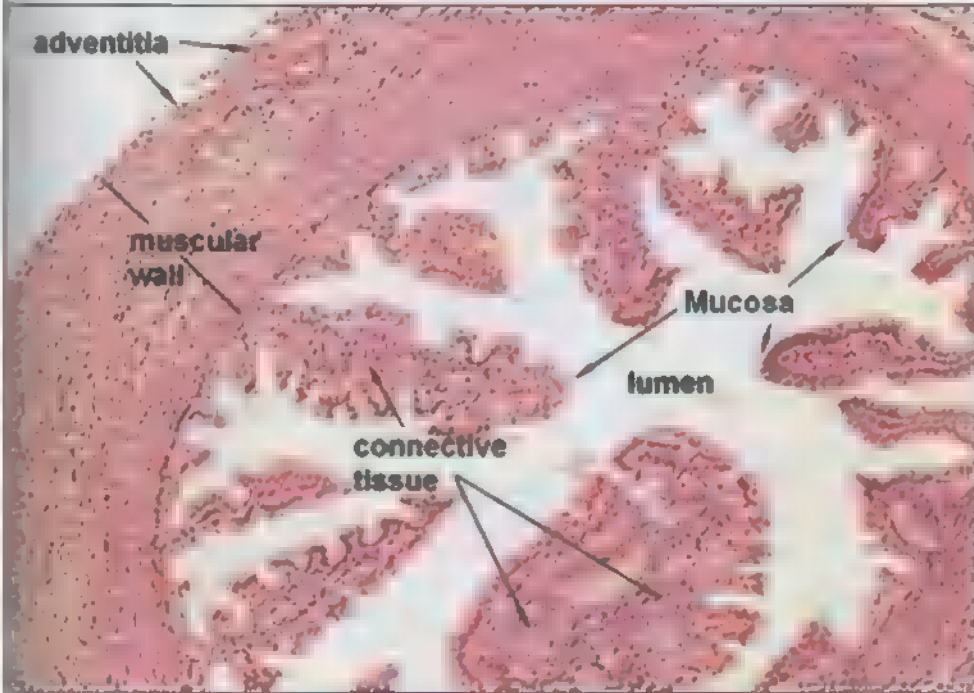
تتشكل هذه القناة من أربعة أجزاء، هي: القمع **infundibulum** وهو الجزء الأقرب للمبيض، وتخرج من طرفه الحر بروزات تدعى الأهداب **fimbriae** (شكل 12.2) التي تحرك الخلية البيضية باتجاه موقع الإخصاب. والجراب **ampulla** وهو الجزء المتسع من القناة، وفيه يتم الإخصاب. والبرزخ **isthmus** وهو الجزء الضيق القريب من الرحم. والجزء الضمجداري **pars interstitialis** ويوجد داخل الرحم (شكل 12.2). ويتكون جدار قناة المبيض من ثلاث طبقات: هي، المخاطية **mucosa** والعضلية **muscularis** والتصلية **serosa** (شكل 13).



(شكل 12) رسم يبين مكونات قناة المبيض. لاحظ الفتايا التي تقل بالاقتراب من الرحم

أ. الطبقة المخاطية، تتسم هذه الطبقة بالسماكة التالية:

- تتكون من نسيج طلائي عمادي بسيط يحتوي نوعين من الخلايا، واحد مهب *ciliated* تحمل خلاياه وفرة من الأهداب *cilia*، والآخر إهرافي *secretary* خلاياه غنية بـ *microvilli* الدقيقة (شكل 14، 15). وتضرب معظم الأهداب باتجاه الرحم، لتحريك السائل اللزج الذي يغطي أسطح خلايا البطانة، ويساعد هذا الأمر في تحريك البويضات المخصبة باتجاه الرحم. كما أن بعض الأهداب تسهل حركة الحيوانات المنوية باتجاه موقع الإخصاب. ويفرز النوع الثاني من الخلايا سائلاً يزود الحيوانات المنوية بالغذاء والوقاية وهذا ما يساعدها على الاقتدار *capacitation* لإخصاب البويضة.
- لها ثيايا طولية توجد بوفرة في الجراب *ampulla* الذي يظهر في مقطع عرضي مثل التين (شكل 12، 13)، وتقل هذه الثيايا تدريجياً باتجاه الرحم (شكل 12).
- ب. الطبقة العضلية، وتتشكل من خلايا عضلية ملساء تنظم داخلياً بشكل دائري وخارجي بشكل طولي (شكل 13)، ويساعد هذا الأمر في إحداث انقباضات عضلية على هيئة موجات تمتد من القمع حتى الرحم، وفي ذلك تحريك للقيحة.
- ج. الطبقة المصلية، وهي طبقة من خلايا طلائية حشرقية ترتكز على نسيج ضام طري.

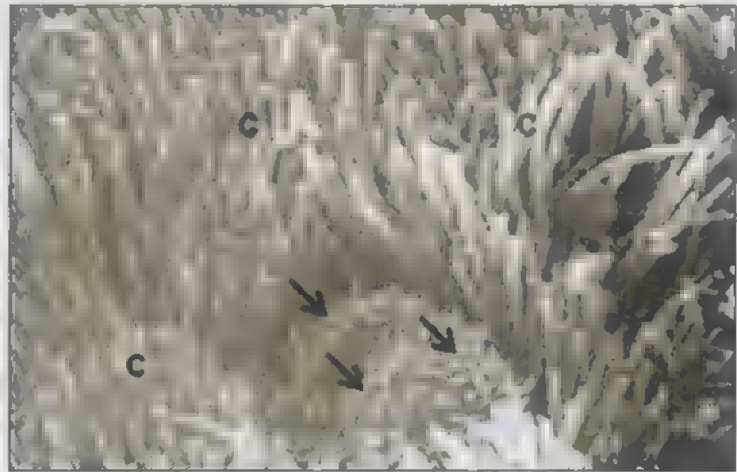


(شكل 13) صورة مجهرية ضوئية في جدار قناة المبيض. لاحظ ثيايا الطبقة المخاطية ووفرة الأوعية الدموية في محيط الطبقة العضلية.

15



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية في جدار قناة المبيض تبين الخلايا المهدبة والخلايا الإفرازية.



(شكل 15) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لأسطح خلايا مبطنة لقناة المبيض، تبين أهدابا (C) على أسطح الخلايا المهدبة وخمالات دقيقة (أسهم) على أسطح الخلايا الإفرازية.

3. الرحم Uterus

هذا عضو إجابسي الشكل، ذو جدار عضلي غليظ، تقع قاعدته إلى أعلى حيث تفتح عند جانبيها قناتا المبيض oviducts، أما قمته، فتتجه إلى أسفل وتفتح في المهبل (شكل 1). ويبلغ طول الرحم في الأنثى غير الحامل حوالي 6.5 سم، بينما يصل عرضه حوالي 4.0 سم وسمكه 2.5 سم. ويتكون هذا العضو من الأجزاء التالية (شكل 1):

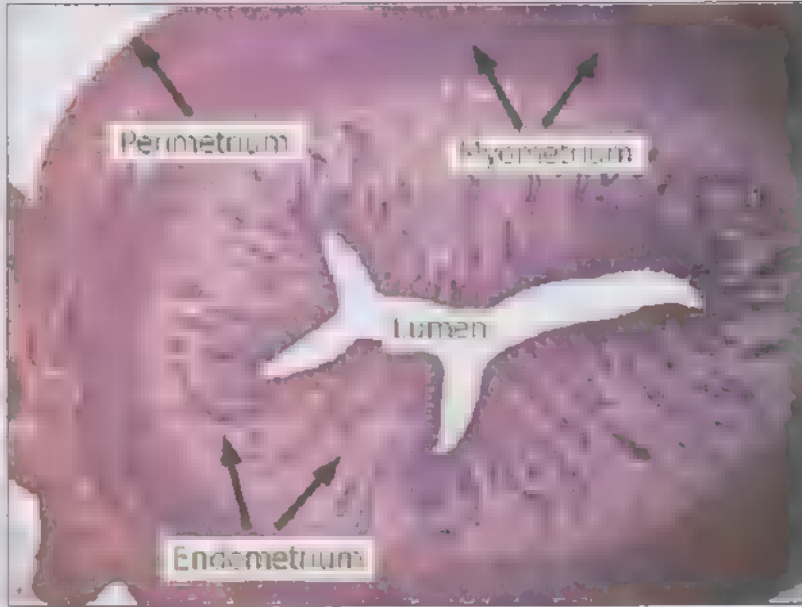
أ. الجسم body، وهو الجزء الأكبر من الرحم وتدخله قناتا المبيض oviducts.

ب. القاع fundus، وهو القسم العلوي المقوس من جسم الرحم، ويقع بين نقطتي دخول قناتا المبيض.

ج. البرزخ isthmus، وهو الجزء الضيق الذي يقع تحت جسم الرحم.

د. العنق cervix. وهو المكون الإسطوانتي السفلي من الرحم، ويمتد داخل المهبل حيث ينتهي على هيئة فتحة خارجية external os (شكل 1).

ويدعم الرحم بـ أربعة ligaments ومساريقا mesenteries التي ترتبط بالمبيض وقناتي فالوب Fallopian tubes. ويتكون جداره من ثلاث طبقات، هي: بطانة الرحم endometrium وعضلة الرحم myometrium ومحيط الرحم perimetrium (شكل 1.16).



(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية لجدار الرحم.

1.3 بطانة الرحم

المهمة الأساسية لهذه الطبقة هي التحضير لعملية أنزراع (علق) الجنين وتكوين الجزء الأمومي من المشيمة، ويعتمد الوضع النسيجي والوظيفي لهذه الطبقة على النشاط الهرموني للمبيض. وتتعرض البطانة في الأنثى البالغة وحتى سن 45-50 لدورات شهرية وذلك اعتماداً على التغيرات النظامية في هرمونات المبيض، ويبلغ سمك هذه البطانة عند ذروة نموها بعد الدورة حوالي 5 ملم.

تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي عمادي بسيط، تكون خلاياه مهدبة أو إفرازية، وينغمس هذا النسيج الطلائي ليكون غداً رحمياً أنبوبية الشكل، تمتد داخل لحمة الصفيحة المخضومة lamina propria الغليظة. ويمكن تقسيم بطانة الرحم إلى منطقتين هما: القاعدية basal وهي الأقرب إلى عضلة الرحم، والفاعلة functionalis التي تشمل بقية البطانة وتحتوي على

الرحمية، وهذه هي المنطقة التي تتساقط أثناء الدورة الشهرية، بينما تبقى المنطقة القاعدية وتتوالد خلاياها لتجدد النسيج الطلائي. وفي هذا المجال، تعمل قواعد غدد الرحم كمصدر للخلايا التي تنقسم وتهاجر لتحل محل الخلايا التي تساقطت أثناء الدورة الشهرية. تقوم الأوعية الدموية التي تزود بطانة الرحم بدور هام في التساقط النسيجي الدوري الذي تتعرض له هذه البطانة. ويدخل الرحم شريان رئيسي يتفرع ليكون شرايين مقوسة *arcuate arteries* تنتظم بشكل دائري في الطبقات الوسطى من عضلة الرحم، ليخرج منها مجموعتا شرايين تزودان بطانة الرحم، واحدة تتشكل من شرايين مستقيمة *straight arteries* تزود المنطقة القاعدية، بينما تتألف الثانية من شرايين ملتفة *coiled arteries* تزود المنطقة الفاعلة.

2.3 عضلة الرحم Myometrium

هذه هي الطبقة الأغظ في جسم الرحم (شكل 16)، وتتألف من حزم من ألياف عضلية ملساء تنفصل عن بعضها بنسيج ضام، وتشكل هذه الحزم أربع طبقات، تكون ألياف الأولى والرابعة منتظمة طويلا، أي موازية للمحور الطولي للرحم. بينما تنتظم ألياف الطبقتين الثانية والثالثة دائريا. وتحتوي الطبقتان الثانية والثالثة أوعية دموية كبيرة وكثيرة. ولذلك يطلق عليها الطبقة الوعائية *stratum vascularis*.

يبلغ طول الألياف العضلية في عضلة الرحم حوالي 50 μm ، وذلك في الظروف العادية. أما في حالة الحمل، حيث يزداد حجم الرحم حوالي 20 مرة، فيبلغ طول هذه الألياف حوالي 500 μm . وتعتمد زيادة حجم الرحم على زيادة طول الألياف وعلى انقسامها. وبينت الدراسات المجهرية الإلكترونية أن الخلايا العضلية في رحم الأنثى الحامل تكتسب صفات الخلايا المفرزة للبروتينات. كذلك، فإن الرحم يتسم بزيادة ألياف كولاجين بشكل ملحوظ. وبعد الحمل يعود الرحم لحجمه الطبيعي، وذلك نتيجة نقصان عدد وحجم الألياف العضلية، إضافة إلى تفكك كميات فائضة من ألياف كولاجين.

3. محيط الرحم Perimetrium

يتألف هذا الجزء من نسيج طلائي حرشفي بسيط يرتكز على نسيج ضام طري (شكل 16). يلتقي غلاف السطحين الأمامي والخلفي عند حافتي الرحم ليكونا رباطين صفاقيين *peritoneal ligaments* عريضين من النسيج الضام.

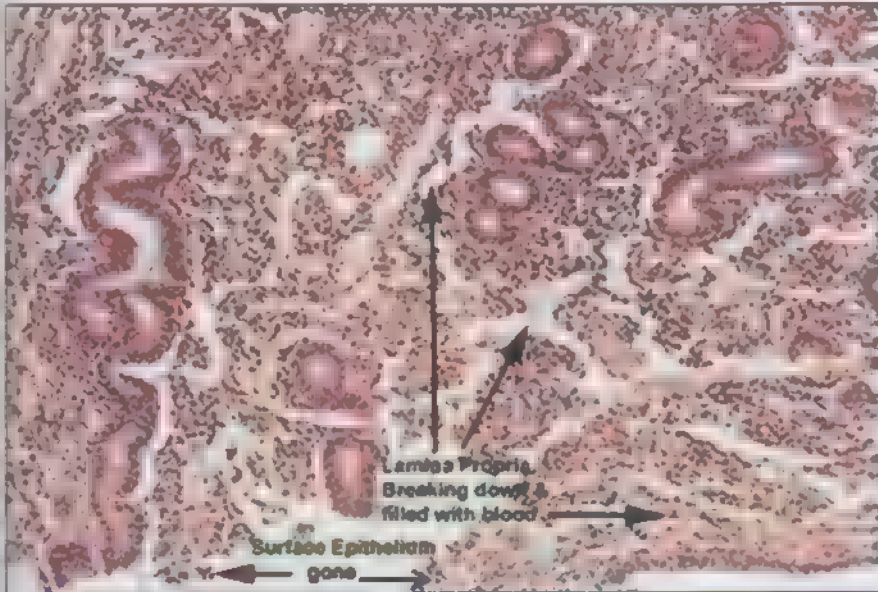
4. الدورة الشهرية Menstrual Cycle

تعرض بطانة الرحم لتغيرات نسيجية دورية ومنتظمة، تتوازى مع تغيرات تحدث في المبيض خلال الفترة الواقعة بين سن 12-50. وتقسم هذه الدورة إلى ثلاث مراحل، هي: مرحلة النزف

menstrual phase ومرحلة التوالد proliferative phase ومرحلة الإفراز secretory phase وبشكل عام، تدوم هذه الدورة حوالي 28 يوما، غير أن هذه المدة تختلف من أنثى لأخرى.

1.4 مرحلة النزف Menstrual Phase

تمتد هذه المرحلة من اليوم الأول الذي يبدأ فيه النزف حتى اليوم الرابع، وتبدأ بعد 14 يوم من الإباضة، حين لا يتم إخصاب البويضة، وبالتالي لا يتم الحمل. وفي هذه المرحلة تنهار الطبقة الفاعلة من بطانة الرحم (شكل 17) بما فيها من غدد وشرابين وأوردة، وتطرح المواد المتراكمة على هيئة نزف. كما ينقص مستوى إستروجين وبرجسترون بشكل ملحوظ، وفي نهايتها تتلاشى المنطقة الفاعلة كليا، وتبقى المنطقة القاعدية التي تحتوي قواعد الغدد الرحمية (شكل 17) ويتراوح سمك بطانة الرحم في هذه المرحلة بين 0.3 و0.5 ملم.



(شكل 17) صورة مجهرية ضوئية لبطانة رحم في مرحلة النزف. لاحظ تهتك الطبقة الفاعلة وزوال نسيجها الملانثي (أسف، أسفل الشكل)

1.4 مرحلة التوالد Proliferative Phase

ويطلق عليها اسم مرحلة ما قبل الإباضة preovulatory phase أو المرحلة الفولكلية follicular phase، ذلك أنها تتزامن مع نمو حوصلات المبيض وإنتاج هرمون إستروجين. وفي هذه المرحلة تتوالد الخلايا في قواعد الغدد الرحمية بدرجة كبيرة، بحيث يعاد تكوين بطانة الرحم ويتواصل انقسام الخلايا طيلة هذه المرحلة التي تستمر من اليوم الخامس بعد بدء الطمث وحتى

يوم الرابع عشر. علاوة على ذلك، تنقسم خلايا أسطح الغدد الرحمية وخلايا النسيج الضام، بذلك يعاد بناء المنطقة القاعلة كلياً.

يبلغ سمك بطانة الرحم في نهاية هذه المرحلة حوالي 2.5 ملم، وتتخذ الغدد شكل أنيبيبات مستقيمة لها قنوات ضيقة (شكل 18). واستعداداً للمرحلة القادمة، تأخذ الخلايا شكلاً عمادياً سيطاً و تزداد شبكتها الإندوإلزامية الخشنة وكذلك حجم مركب جولجي، كما يزداد طول الشرايين الملتوية وتنمو في بطانة الرحم. وفي هذه المرحلة يرتفع إفراز هرمون إستروجين .



(شكل 18) صورة مجهرية ضوئية لبطانة رحم في مرحلة التوالد. لاحظ الغدد التي تأخذ شكل أنيبيبات مستقيمة وضيقة

3.4 مرحلة الإفراز Secretory Phase

تبدأ هذه المرحلة بعد الإباضة مباشرة، وتستمر حتى نهاية الدورة. وتعتمد هذه المرحلة على إفراز هرمون بروجستيرون من الجسم الأصفر الذي يحفز غدد الرحم لإطلاق بروتينات سكرية متعددة، تعمل كمصدر غذائي رئيسي للجنين القادم. وكنتيجة لتراكم إفرازات غدد الرحم يجمع السوائل في لحمة بطانة الرحم، يزداد سمك هذه البطانة ليصل حوالي 5.0 ملم مع نهاية هذه المرحلة. ويطلق على هذه المرحلة اسم آخر وهو مرحلة ما بعد الإباضة **postovulatory phase** أو **طور الأصفر luteal phase** حيث ينشط الجسم الأصفر. كما تتسع غدد الرحم ويزداد لتواؤها (شكل 19)، وكذلك تلتوي الشرايين وتمتد إلى سطح الرحم، وتتجمع كميات كبيرة من لجلايكوجين في خلاياه البطانة. وفي وقت لاحق، تقل كميات الجلايكوجين، وتتسع تجاويف الغدد نتيجة إفراز البروتينات السكرية. كذلك، يزداد هرمون بروجستيرون ليعمل على تثبيط انقباض لخلايا العضلية الملساء في عضلة الرحم حتى لا يجهر الجنين لاحقاً.



(شكل 19) صورة مجهرية ضوئية لجزء من بطانة رحم في مرحلة الإفراز. لاحظ اتساع الغدد وزيادة إلتواثها وإفرازاتها، كذلك لاحظ الزاوية اليسرى السفلى التي تبين جزءاً من قناة غدة بإفرازاتها الوافرة

5. عنق الرحم Cervix

هذا هو الجزء السفلي الضيق من الرحم، وهو إسطواني الشكل، ويمتد داخل المهبل (شكل 2). ويختلف هذا الجزء في تركيبه النسيجي عن بقية أجزاء الرحم. فالبطانة تتكون من نسيج طلائي عمادي بسيط، وتوجد في الطبقة المخاطية غدد عنقية cervical glands كثيرة التفرع ولها إفراز مخاطي يلعب دوراً أساسياً في إخصاب البويضة. فعند الإباضة، يكون الإفراز المخاطي مائياً يسمح بمرور الحيوانات المنوية إلى قناة المبيض. أما أثناء الحمل، فإن مستوى بروجسترون يجعل هذه الإفرازات أكثر لزوجة، ويساهم ذلك في منع مرور الأحياء الدقيقة والحيوانات المنوية باتجاه قناة المبيض. ويتسع عنق الرحم كثيراً أثناء الولادة، وذلك تحت تأثير هرمون الاسترخاء relaxin وتفكك ألياف كولاجين في جداره.

6. المهبل Vagina

هذا أنبوب عضلي يمتد من فتحة الفرج حتى عنق الرحم، وفي الأنثى العذراء يوجد في جزءه السفلي غشاء رقيق مستعرض يسمى غشاء البكارة hymen. ويخلو جدار المهبل من الغدد، ويتألف من ثلاث طبقات، هي المخاطية والعضلية والخارجية (شكل 20).

1.6 الطبقة المخاطية Mucosa

تتكون هذه الطبقة من نسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن جزئياً (شكل 20)، يتراوح سمكه

15

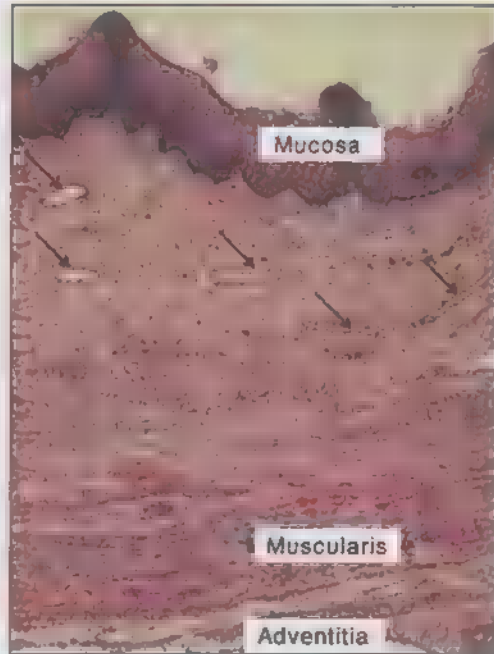
بين 150 و 200 μm . وتحت تأثير إستروجين يصنع النسيج الطلائي المهبطي كميات كبيرة من الجلاليكوجين الذي يطرح في تجويف المهبل عند تساقط الخلايا السطحية لهذه الطبقة. وتعمل البكتيريا المهبلية على تحويل الجلاليكوجين إلى حمض اللبن **lactic acid** وهذا ما يؤدي إلى زيادة حموضة المهبل، وفي ذلك حماية له من التأثيرات السلبية للميكروبات و الأجسام الغريبة. وترتكز الطبقة المخاطية على نسيج ضام طري (شكل 20) غني بالألياف المرنة، إضافة إلى أعداد كبيرة من الخلايا اللمفاوية وخلايا الدم البيضاء المتعادلة والخلايا الليفية.

2.6 الطبقة العضلية Muscular Layer

يتشكل الجزء الخارجي لهذه الطبقة من ألياف عضلية ملساء طويلة، بينما يحتوي جزؤها الداخلي أليافها عضلية ملساء دائرية. وعند فتحة المهبل في الفرج، توجد عضلات هيكلية تشكل ما يشبه العضلة المعاصرة sphincter muscle.

3.6 الطبقة الخارجية Adventitia

تربط هذه الطبقة المهبل بمحيطه، وتتشكل من نسيج ضام كثيف غني بالألياف المرنة الغليظة التي يعزى إليها المرونة الهائلة للمهبل. وتوجد في هذه الطبقة شبكة من الأوردة وحزم من الألياف العصبية (شكل 20).



(شكل 20) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في جدار المهبل. لاحظ وفرة الغدد في المنطقة تحت الطبقة المخاطية (أسهم)

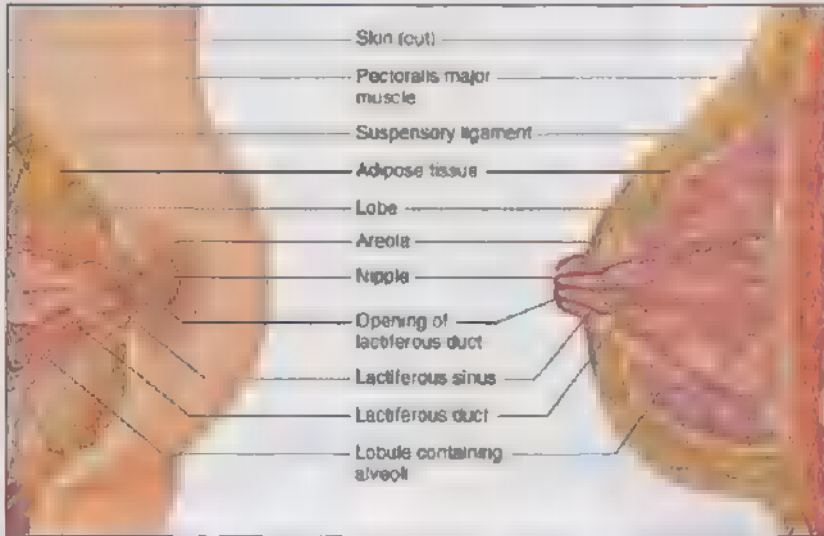
7. الغدد الثديية Mammary Glands

الغدد الثديية هي إحدى مشتقات الجلد، وهي مسؤولة عن تغذية وليد الحيوانات الثديية. وتتغير هذه الغدد في تركيبها بشكل ملحوظ بعد فترة بلوغ الأنثى، كما تحدث تغيرات في حجمها تتواءم مع الدورة الشهرية ومع حالة الحمل.

1.7 تركيب الغدد الثديية

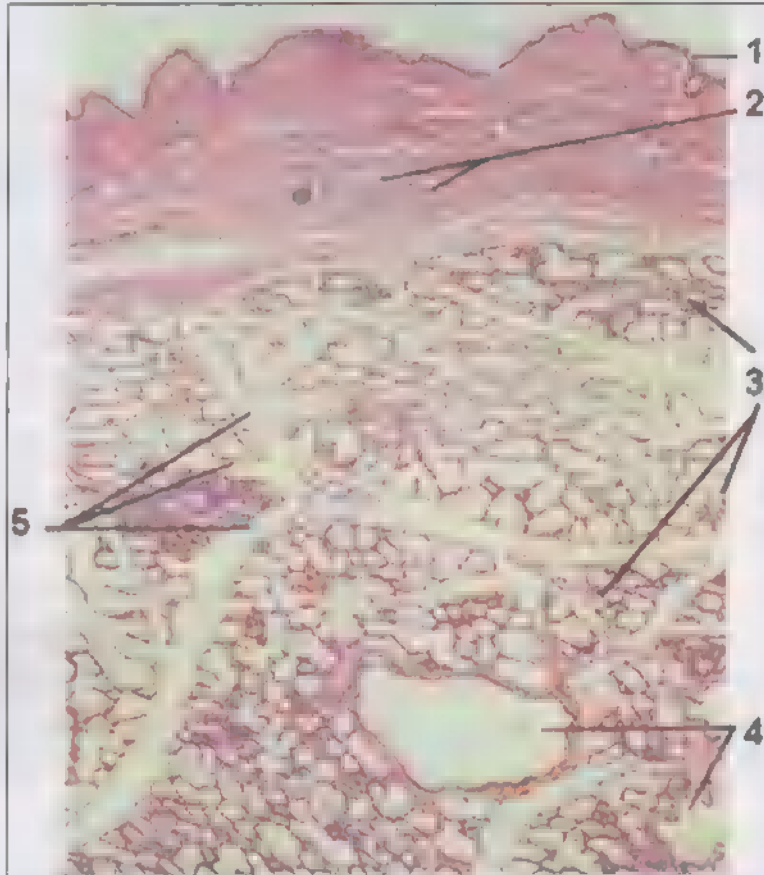
تتكون كل غدة ثديية من وحدات تدعى فصص lobes (شكل 21)، يتراوح عددها بين 15 و 20، وهي من النوع الأنبوبي الحوصلي المركب compound tubuloalveolar الذي يكون ويفرز الحليب. ويعتبر كل فص غدة مستقلة لها قناة لبنية lactiferous duct يبلغ طولها حوالي 2-4 سم، وتتفصل عن غيرها بنسيج ضام كثيف ونسيج دهني كثير، وهي مبطنة بنسيج طلائي طبقي مكعب (شكل 23).

وكما نلاحظ من الشكل 21، تصب كل قناة لبنية في حلمة nipple لها حوالي 15-20 فتحة. يبلغ قطر كل منها حوالي 0.5 ملم. وللحلمة شكل مخروطي، وقد يكون لونها بنياً فاتحاً أو داكناً، وتغطي من الخارج بنسيج طلائي طبقي حرشفي متقرن، يتصل مع النسيج الطلائي للجلد المجاور الذي يشكل هالة areola (شكل 21). وتتسع القنوات اللبنية عند مصبها في الحلمة لتكوّن جيوباً لبنية lactiferous sinuses (شكل 21)، يبطنها نسيج طلائي طبقي حرشفي عند فتحاتها. ويرتكز النسيج الطلائي للحلمة على نسيج ضام وألياف عضلية ملساء تنظم على هيئة دوائر حول القنوات اللبنية العميقة، وتتزود الحلمة بنهايات عصبية حسية كثيرة.

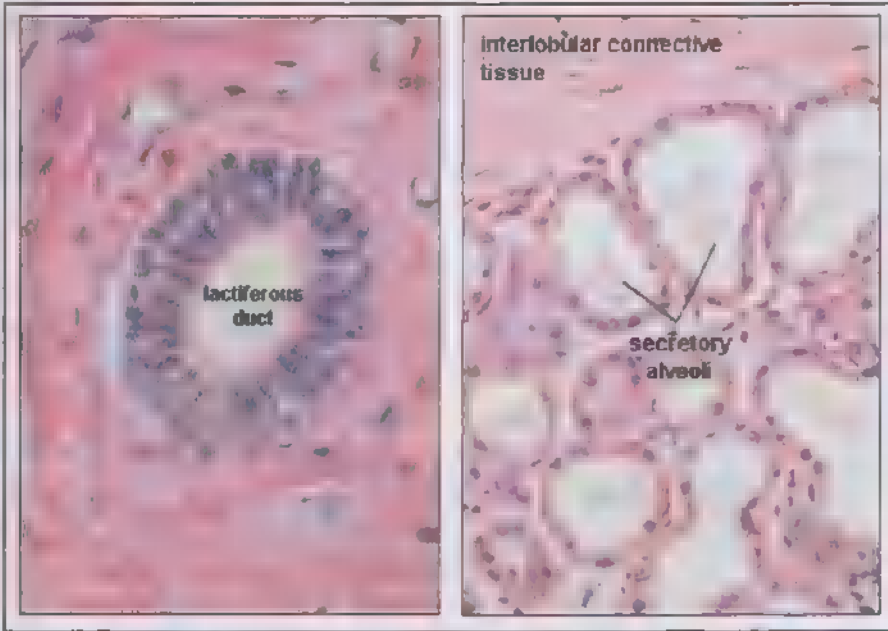


(شكل 21) رسم لغدة ثديية يبعد ثلاثي (يسار) ويمقطع طولي (يمين).

ويتكون كل فص من وحدات اصغر تسمى فصيصات lobules (شكل 21-23) لكل منها حوصلات alveoli مكونة من نسيج طلائي مكعب بسيط يرتكز على صفيحة قاعدية وطبقة من خلايا عضلية طلائية myoepithelial. وتمثل الحوصلات تجمعات لخلايا طلائية مكعبة تفرز الحليب وتحتوي قممها القليل من القطيرات الدهنية غير المحاطة بأغشية. إضافة إلى بعض الفجوات الإفرازية التي تحاط بأغشية وتحتوي تجمعاً أو أكثر لبروتينات لبنية. ويحيط بكل حوصلة ما بين أربع وست خلايا طلائية عضلية myoepithelial نجمية الشكل، وتكون الفصيصات مطمورة في نسيج ضام طري وتنفصل عن بعضها بفواصل septae مكونة من نسيج ضام كثيف (شكل 22). ولكل فصيص عدة قنوات لبنية تفتح في قناة طرفية بين فصيصية terminal interlobular duct.



(شكل 22) صورة مجهرية ضوئية لجزء من فص غدة ثديية. لاحظ النسيج الطلائي للجلد (1)، ومقطع من شعرتين (2)، وفصيصات الغدة (3)، وقناتين بين فصيصين لبنيتين (4) وفواصل بين الفصيصات (5)

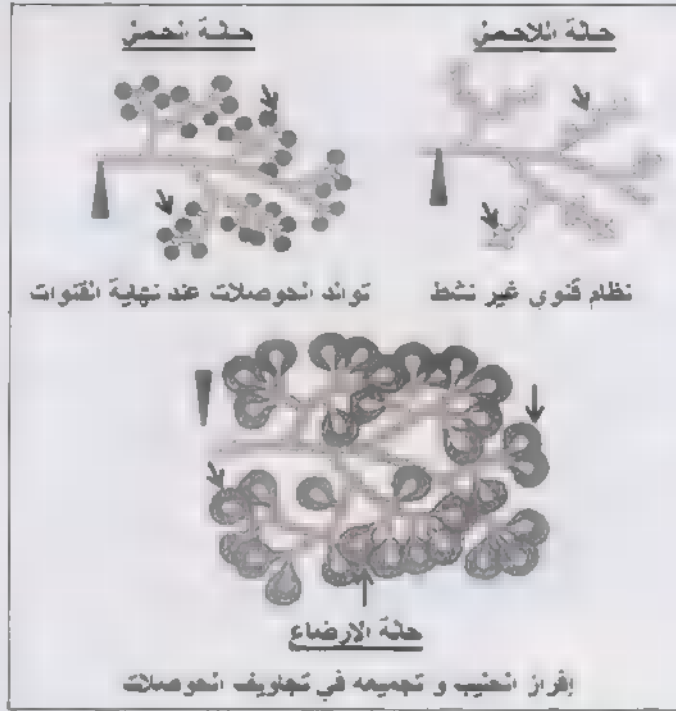


(شكل 23) صورة مجهرية ضوئية لحوصلات إحدى فصيصات غدة ثديية وحولها نسيج ضام طري (يمين) وصورة أخرى لمقطع عرضي في قناة لبنية محاطة بنسيج ضام كثيف (يسار)

تطراً تغيرات طفيفة على التركيب النسيجي للغدة الثديية أثناء الدورة الشهرية. فمثلاً، تزايد خلايا القنوات اللبنية عند الإباضة، وتتماثل هذه التغيرات مع ارتفاع مستوى هرمون إستروجين. وقبل فترة الطمث، يزداد النسيج الضام في الثدي، وهذا ما يؤدي إلى زيادة حجمه. وكما سنلاحظ لاحقاً، يختلف التركيب النسيجي للغدة الثديية باختلاف العمر والحالة الفسيولوجية. ونعالج فيما يلي الغدة الثديية في حالتها الحمل والإرضاع.

2.7 تركيب الثدي أثناء الحمل

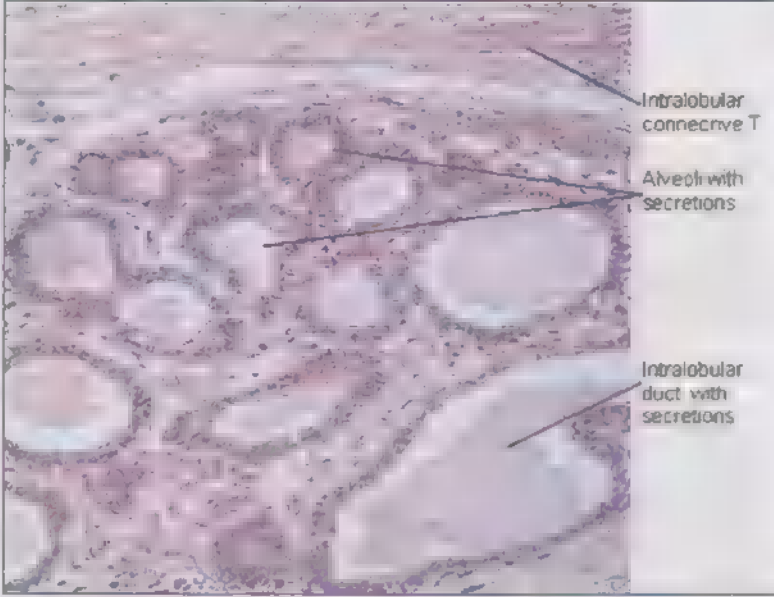
يزداد حجم الغدة الثديية كثيراً أثناء الحمل بسبب توالد حوصلات **alveoli** الثدي (شكل 24) نتيجة الفعل المتناسق لعدة هرمونات، مثل إستروجين وبروجسترون ومولد الحليب المشيمي **human placental lactogen** و **prolactin** من الغدة النخامية. وتزداد كمية إستروجين أثناء الحمل. حيث أنه يفرز ليس فقط من حوصلات المبيض، بل من المشيمة أيضاً. كذلك، يزداد منسوب بروجسترون الذي يفرز من الجسم الأصفر أولاً ثم من المشيمة لاحقاً. وفي هذه الحالة تحتوي قمم خلايا الحوصلات فجوات إفرازية فيها تجمعات بروتينية يزداد عددها عند الإرضاع. ويوجد حول هذه الخلايا نسيج طلائي عضلي، وخلال فترة إدرار الحليب، يتناقص النسيج الضام وكذلك الدهني بشكل كبير، ويفرز الحليب في مرحلة متأخرة من الحمل.



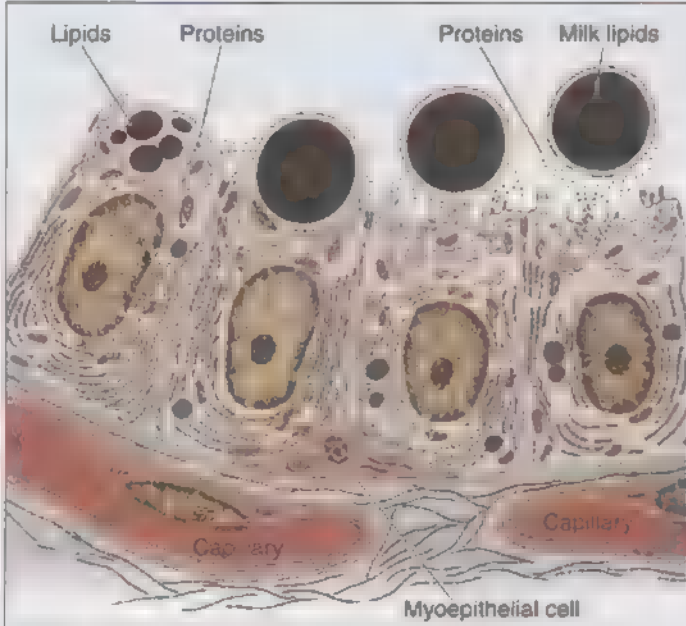
(شكل 24) رسومات تبين وضع حوصلات الغدة الثديية (أسهم) في حالة اللا حمل حيث تكون غير نشطة (فوق، يمين) وفي حالة الحمل حيث تتواجد بكثرة (فوق، يسار). وفي حالة الإرضاع التي تكون فيها الحوصلات نشطة جدا وتفرز الحليب وتجمعه في تجاويفها (تحت). لاحظ القنوات اللبنية التي تفرغ منها الحوصلات (رؤوس أسهم).

3.7 تركيب الثدي أثناء الإرضاع

تنتج الخلايا الطلائية لحوصلات الثدي الحليب وتخزنه في تجاويفها وفي داخل القنوات اللبنية (شكل 25). وفي هذه الحالة، يصغر حجم الخلايا الإفرازية وتتخذ شكلا مكعبا، ويحتوي سيتوبلازمها قطيرات بأحجام مختلفة بداخلها جليسيريدات ثلاثية triglycerides متعادلة. وتفرز هذه القطيرات إلى القنوات اللبنية حيث تكون محاطة بأجزاء من الأغشية المشتقة من قمم تلك الخلايا (شكل 26). إضافة إلى قطيرات الدهن، تفرز الخلايا الطلائية للغدة الثديية بروتينات، من أهمها بروتينات المناعة. وتشكل الدهون في الحليب المفرز حوالي 4% من حجم هذا السائل، بينما تشكل البروتينات حوالي 1.5% منه، فيما يشكل لاكتوز (سكر الحليب) حوالي 7%.



(شكل 25) صورة مجهرية ضوئية لحوصلات إحدى فصيصات غدة ثديية أثناء الإرضاع. لاحظ النسيج الطلائي المكعب البسيط المبطن للحوصلات والإفرازات داخل الحوصلات وقنوات الفصيصات.



(شكل 26) رسم لخلايا إفرازية من غدة ثديية. من اليسار إلى اليمين، لاحظ تجميع القطيرات الدهنية والبروتينات ومراحل إفرازها من قمع الخلايا. كذلك، لاحظ وفرة الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية الخشنة في هذه الخلايا. إضافة إلى خلية طلائية عضلية تساعد في إطلاق هذه الإفرازات.

الفصل السادس عشر

الجهاز التناسلي الذكري

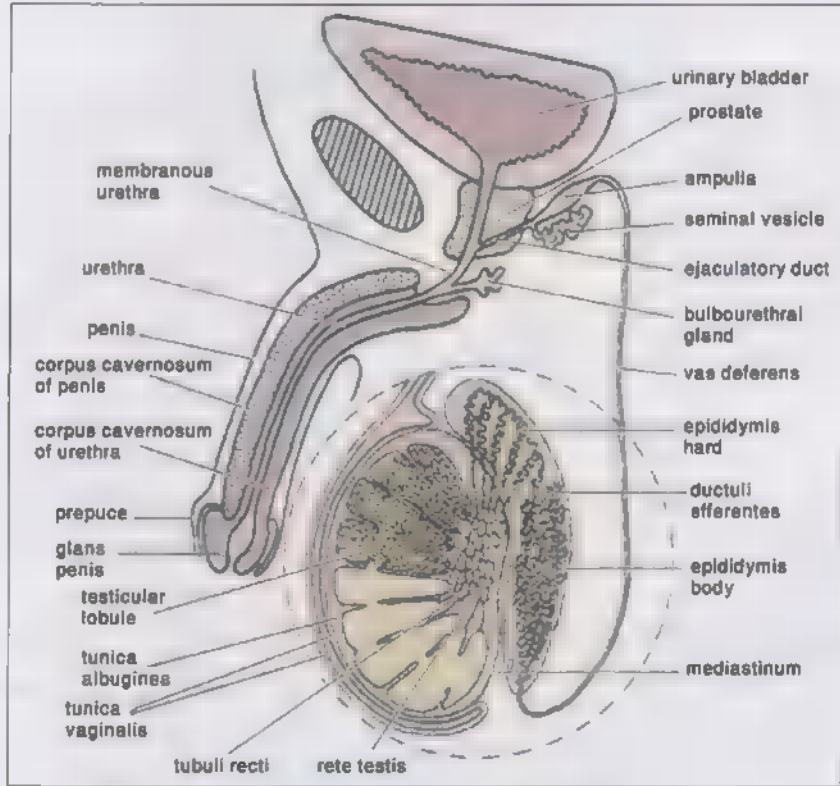
The Male Reproductive System

- | | | | |
|----------|-----------------------------|----------|----------------------|
| 346..... | 3. الغدد التناسلية المساعدة | 331..... | 1. الخصية |
| 350..... | 4. السائل المتوي | 342..... | 2. القنوات التناسلية |

يتشكل الجهاز التناسلي الذكري من خصيتين وقتوات تناسلية وقضيب وغدد مساعدة. وتقوم الخصية بتكوين حيوانات منوية وإفراز هرمونات. أما القنوات التناسلية فتخزن وتتقل الحيوانات المنوية، كما تفرز، مع الغدد التناسلية، مواد مختلفة تزود الحيوانات المنوية بالطاقة وتلين مسارها.

1. الخصية Testis

هذا عضو بيضوي الشكل يتراوح طوله بين 4-6 سم، ويبلغ عرضه حوالي 2.5 سم. توجد كل خصية داخل كيس جلدي يسمى الصفن scrotum وتحاط الخصية بكبسولة غليظة تدعى الغلاف الأبيض tunica albuginea (شكل 1. 2) المكونة من ألياف كولاجينية. ويتغلظ هذا الغلاف في الجزء الخلفي من الخصية حيث يشار إليها في هذه المنطقة باسم مُنصف الخصية mediastinum. وتمتد من هذا الغلاف عدة حواجز septae تقسم جسم الخصية إلى حوالي 250 حجرة هرمية الشكل تدعى فصيصات الخصية testicular lobules (شكل 1. 2).



(شكل 1) رسم يبين مكونات الجهاز التناسلي الذكري

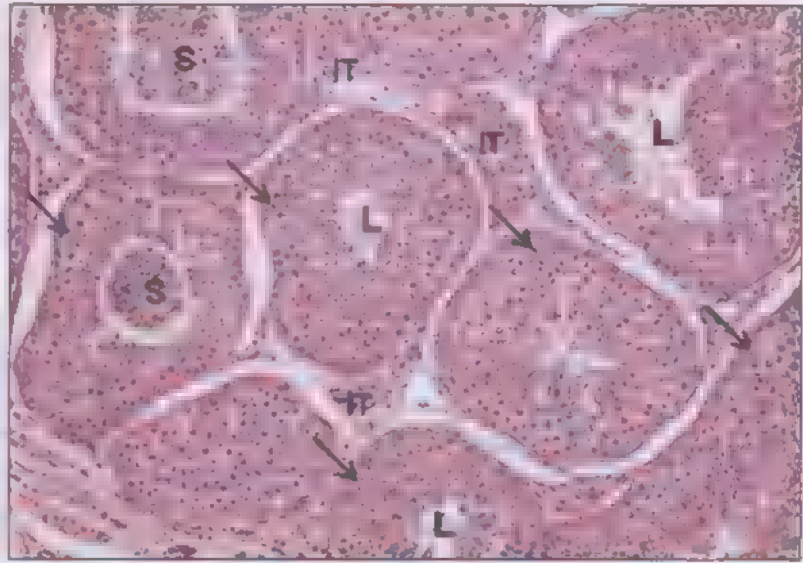


(شكل 2) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في خصية. لاحظ اتصال الخصية بالبربخ وتبين الفصيصات والغلاف الأبيض ومنصف الخصية

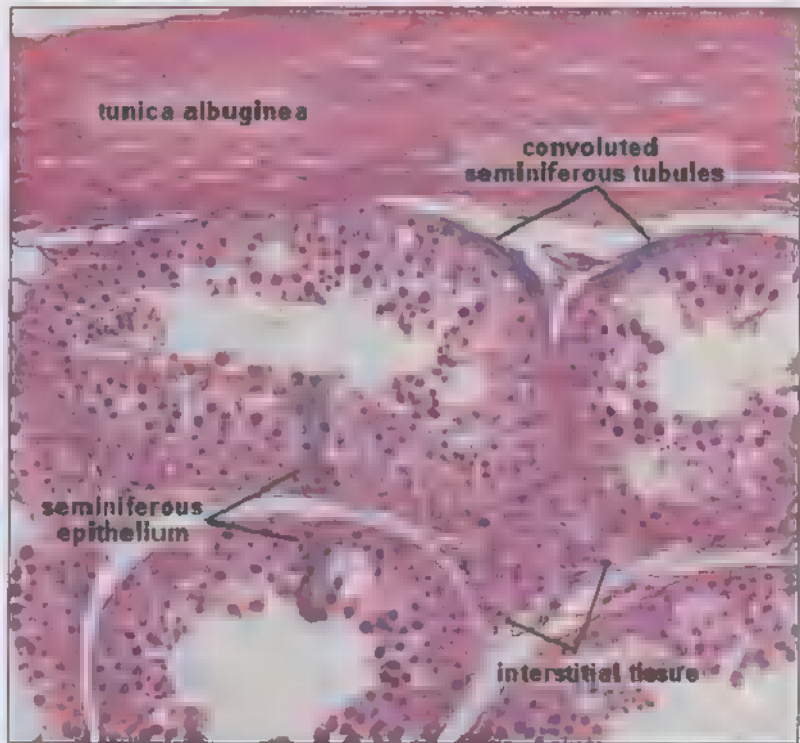
يحتوي كل فصيص تراكيب دقيقة ملتوية تسمى أنابيب منوية seminiferous tubules يتراوح عددها بين 1-4 (شكل 1)، ويحيط بكل منها نسيج ضام طري وأوعية دموية وخلايا بينية تدعى خلايا لايدج Leydig cells (شكل 3-6) التي تفرز هرمون تستوسترون testosterone.

1.1 الأنبيب المنوي Seminiferous Tubule

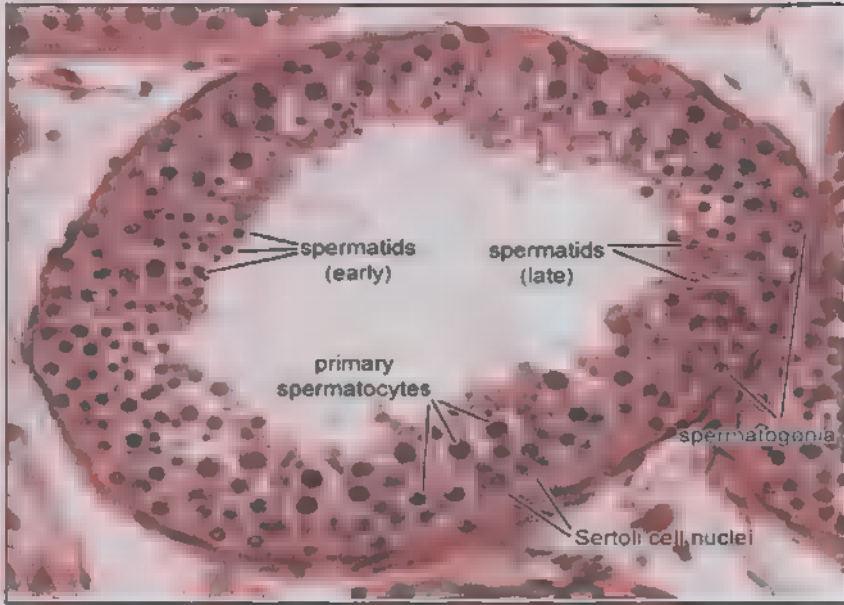
يشكل الأنبيب المنوي وحدة التركيب والوظيفة في الخصية، ويتراوح طوله بين 30-70 سم ويبلغ قطره حوالي 200 μm وهو متعرج جداً. ويقدر الطول الكلي لأنابيب الخصية الواحدة بحوالي 250 متراً. وعند نهاية هذه الأنابيب بالقرب من مركز الخصية تتقلص تجاوبها وتستمر على هيئة أنابيب مستقيمة tubuli recti (شكل 1)، التي تتصل بقنوات متشعبة لتكوّن شبكة الخصية rete testis التي تتصل برأس البربخ epididymis عبر قنات صادرة ductuli efferentes يتراوح عددها بين 10-20 (شكل 1). وتبطن الأنابيب المستقيمة بنسيج طلائي مكعب بسيط يدعمه نسيج ضام كثيف، ولقنوات شبكة الخصية تركيب نسيجي مشابه. أما القنات الصادرة، فإنها تبطن بخلايا طلائية عمادية غير مهدبة، إضافة إلى نسيج طلائي عمادي بسيط ومهدب يدفع الحيوانات المنوية باتجاه البربخ. ويوجد في جدر هذه القنات عضلات ملساء.



(شكل 3) صورة مجهرية ضوئية تبين 9 أنابيب منوية. لاحظ الأنابيبات المنوية (أسهم) وتجاويفها (L) وبداخلها حيوانات منوية (S). كذلك لاحظ النسيج البيني (IT) بين هذه الأنابيبات.



(شكل 4) صورة تبين أنابيبات منوية ونسيجها البيني وغلافها الأبيض.



(شكل 5) صورة مجهرية ضوئية تبين أنابيب منوية والخلايا المكونة لجداره



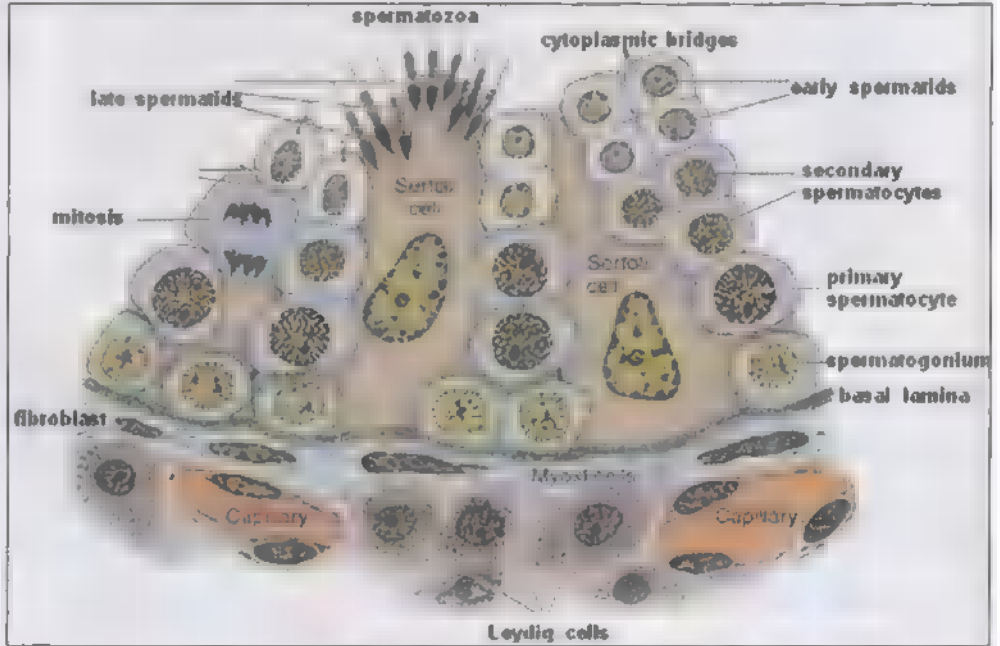
(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية تبين جزءاً من جدار أنابيب منوي. لاحظ العضلات الملساء في محيطه وخلايا لايدج في النسيج البيني.

1.1.1 جدار الأنابيب المنوي

يتكون جدار الأنابيب المنوي من غلاف من النسيج الضام، وصفيحة قاعدية يرتكز عليها نسيج طلائي جرمومي germinal epithelium. ويتألف الغلاف المذكور من عدة طبقات من الخلايا

16

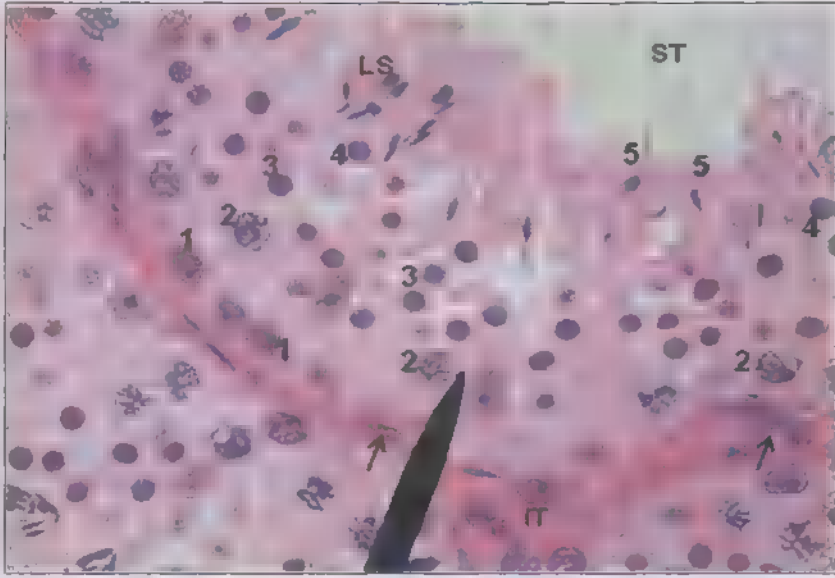
الليفية، توجد إلى داخلها خلايا شبه عضلية **myoid cells** (شكل 7)، التي تساعد بانقباضاتها على دفع الحيوانات المنوية خارج الأنابيب المنوية. ويتشكل النسيج الطلائي الجرثومي للأنابيب المنوي من خلايا مساعدة **supporting cells** ويطلق عليها اسم خلايا سرتولي **Sertoli cells**، ومن خلايا منوية مولدة **spermatogenic cells** تتوزع في مجموعات تمتد من الصفيحة القاعدية حتى تجويف الأنابيب المنوي (شكل 7، 8). وتمثل هذه الخلايا مراحل متميزة في عملية تكوين الحيوانات المنوية **spermatogenesis**.



(شكل 7) رسم يبين تركيب جدار أنابيب منوي.

أ. الخلايا المنوية المولدة Spermatogenic Cells

تنقسم هذه الخلايا وتتمايز لتكوّن حيوانات منوية، وهي تمثل مراحل مختلفة في عملية متواصلة تبدأ بـ خلايا منوية أم **spermatogonia**، توجد بالقرب من الجزء الخارجي لجدار الأنابيب المنوي، وهي صغيرة نسبياً ويتراوح قطرها بين 12-14 μm (شكل 7، 8). وعند البلوغ، تنقسم الخلايا المنوية الأم عدة مرات، وتتبع الخلايا الوليدة إحدى مسارين: فإما أن تستمر بالانقسام مرات عديدة لتشكل خلايا جذعية **stem cells** (خلايا منوية أم نوع A)، أو تتحول إلى خلايا منوية من نوع B، تتمايز لتكوين خلايا منوية أولية **primary spermatocytes**.



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لجزء من جدار أنابيب منوي تبين خلايا منوية أم (1) وخلايا منوية أولية (2) وخلايا منوية ثانوية (3) وطلائع منوية مبكرة (4) وطلائع منوية متأخرة (LS) وحيوانات منوية (5) وذيل حيوانات منوية (ST). لاحظ الخلايا العضلية (سهم) حول جدار الأنابيب والنسيج البيني (IT). لاحظ خلية سرتولي على يمين المؤشر الأسود.

تمر الخلايا المنوية الأولية بمراحل الانقسام المنصف الأول (meiosis I) الذي ينتج عنه تكوين خلايا منوية ثانوية secondary spermatocytes تحتوي العدد الأحادي (IN) من الكرووسومات. وفي مقطع للأنابيب المنوي يمكن تمييز الخلايا المنوية الأولية بسهولة، كونها أكبر الخلايا المنوية حجماً (شكل 8.7)، وتظهر كروموسوماتها بعدة مراحل من الانقسام المنصف الأول. بيد أن الخلايا المنوية الثانوية تظهر بصعوبة لأنها قصيرة العمر، وتدخل الانقسام المنصف الثاني meiosis II بسرعة لتكوّن طلائع منوية spermatids تحتوي نصف عدد كروموسومات (IN) الخلية المنوية الأم. وتتميز الطلائع المنوية بقطر صغير (7-8 μm) وبموقعها القريب من تجويف الأنابيب المنوي (شكل 8.7).

وتمر الطلائع المنوية بتمايز نووي وسيتوبلازمي لتكوّن حيوانات منوية فاعلة. ويتسم التمايز النووي بتكثف الكروماتين وتغير شكل النواة من كروي إلى مسطح ومستدب، وتغير موقع النواة من مركزي إلى طرفي (شكل 9). أما التمايز السيتوبلازمي فيشمل: تكوين جسم قمري acrosome (من جهاز جولجي) يغطي حوالي ثلثي النواة، إضافة إلى غمد ميتوكوندريوني mitochondrial sheath حلزوني حول محور axoneme ذيل الحيوان المنوي (شكل 9)، والتخلص من معظم عضيات السيتوبلازم. كما تنتظم الأنابيبات الدقيقة على هيئة تسع ثنائيات doublets حول محور ذيل الحيوان المنوي، إضافة إلى أنابيبين فرادى في وسطه.



(شكل 9) رسم يبين تمايز طليعة منوية مبكرة (يسار) إلى طليعة منوية متقدمة (وسط) ثم حيوان منوي (يمين). لاحظ أنابيب دقيق (1) وجسم جولجي (2) وحوصلة جسم قمي (3) ومركز (4) وميتوكوندريون (5) ونواة (6) ومحور الذيل (7) وحزمة أنابيب دقيقة (8) وذيل (9) وجسم قمي (10)

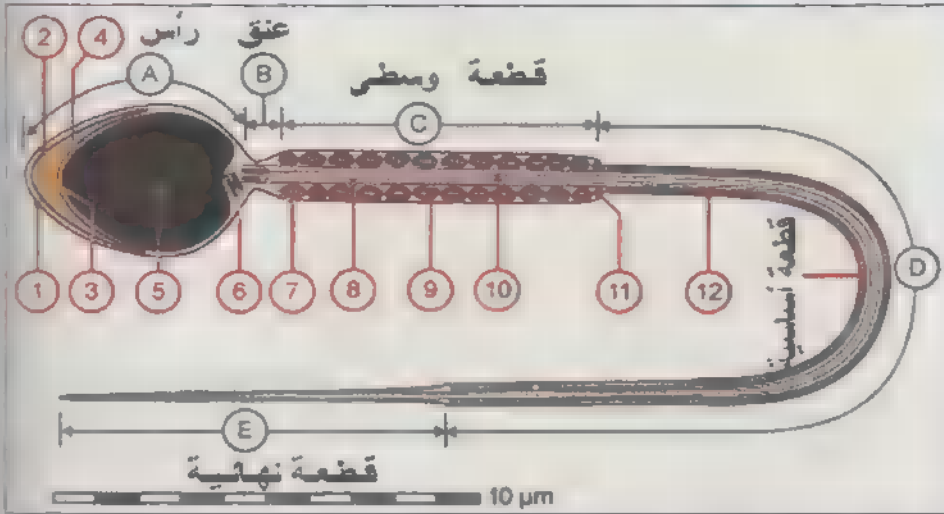
وكما نلاحظ، فإن التمايز النووي والسيتوبلازمي للطلائع المنوية يؤدي إلى تكوين حيوانات بية فاعلة بأقل وزن ممكن، وبألية حركية نشطة، وبنواة كثيفة وبجسم قمي acrosome غني بزيما تفكك أغلفة البويضة عند الإخصاب. ولقد بينت الدراسات أن التغيرات التي تحدث مرحلة الخلايا المنوية الأم وحتى تكوين حيوانات منوية تستغرق حوالي 64 يوماً في الإنسان.

6. الحيوانات المنوية Spermatozoa

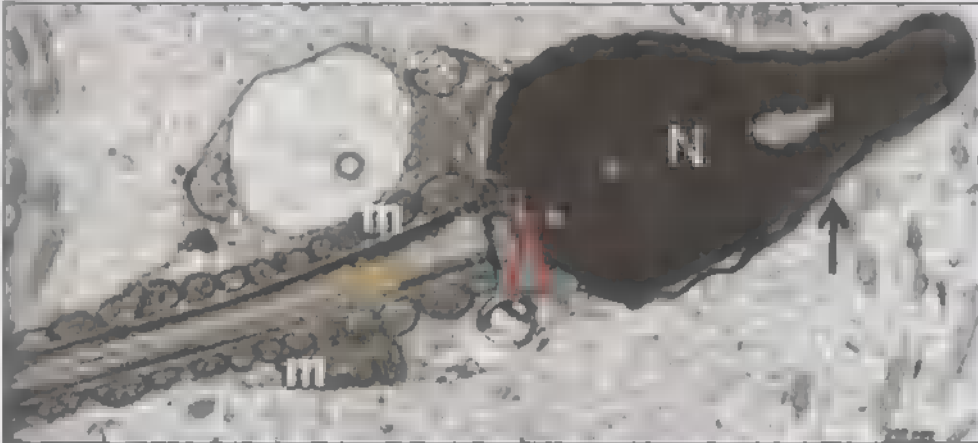
تمثل هذه الخلايا تنويجا لعملية توليد الحيوانات المنوية. وفي الإنسان، يبلغ طول الحيوان وي حوالي 60 μm، وتتكون هذه الخلية من رأس وعنق وذيل (شكل 10). ونعالج فيما يلي كيف الحيوان المنوي كما يتبين في الدراسات المجهرية الإلكترونية.

رأس الحيوان المنوي

يبدو رأس الحيوان المنوي بيضوياً عند النظر إليه جبهياً، ويأخذ شكل إجاصة عند النظر إليه نبياً حيث يكون غليظاً بالقرب من العنق، ومستدياً باتجاه المقدمة. ويتراوح طول رأس الحيوان وي بين 4-5 μm، ويبلغ قطره حوالي 3.5 μm. ويتشكل معظم الرأس من نواة ذات كروماتين ف، ويظهر في جزئها الخلفي انغماد يسمى حفرة إنزراع implantation fossa حيث تتصل واة بعنق الحيوان المنوي. وتغطي مقدمة النواة بجسم قمي (شكل 11) يحتوي إنزيمات تفكك غلفة الثلاثة التي تحيط بالبويضة، مقدمة لإخصابها.



(شكل 10) رسم يبين مكونات حيوان منوي كما تظهر في مجهر إلكتروني نافذ. لاحظ غشاء الحيوان المنوي (1) وغشاء الجسم القمي الخارجي (2) والجسم القمي (3) وغشاء الجسم القمي الداخلي (4) والنواة (5) والمريكز الدائري (6) والمريكز القاسي (7) والليف الكثيف (8) والميتوكوندريا (9) والمحور (10) والحلقة (11) والذيل (12)

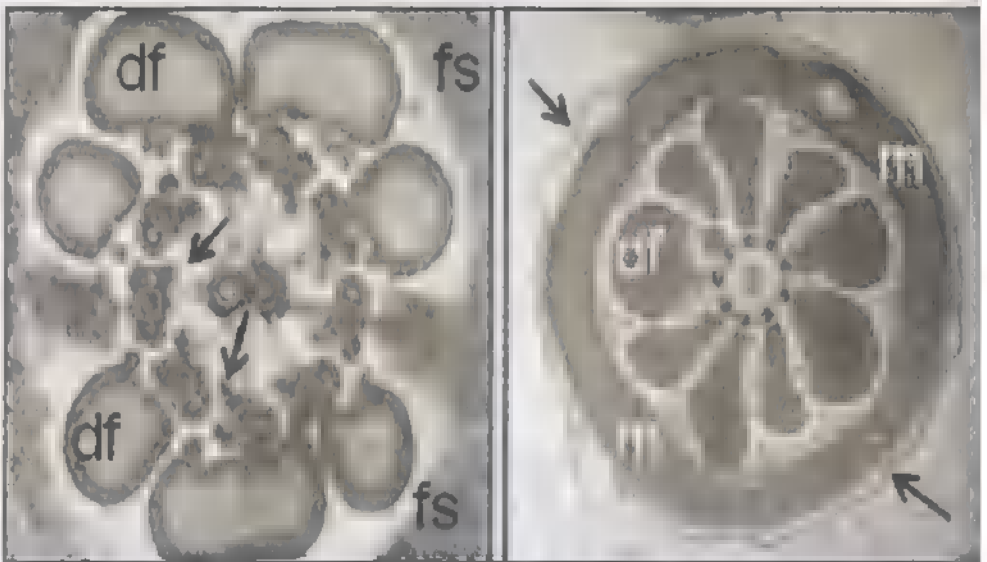


(شكل 11) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لرأس و بداية ذيل (القطعة الوسطى) حيوان منوي. لاحظ غشاء الحيوان المنوي (سهم) ونواته (N) وحفرة الإنزراع (رأس سهم) والمحور (ax) وغمد الميتوكوندريا (m).

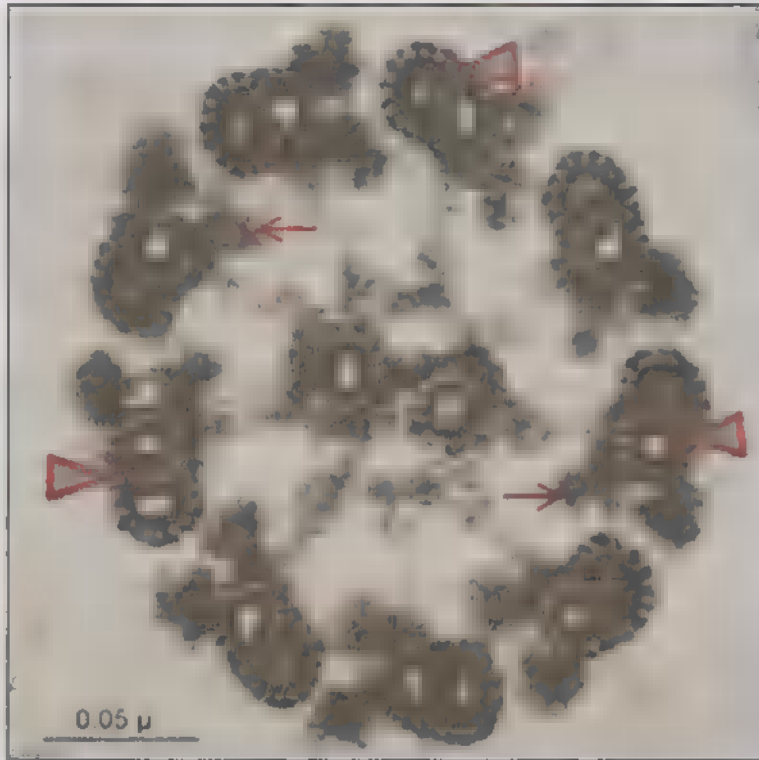
• ذيل الحيوان المنوي

يبلغ طول ذيل الحيوان المنوي في الإنسان حوالي $55 \mu\text{m}$ ويبلغ قطره حوالي $7 \mu\text{m}$ عند بدايته $0.1 \mu\text{m}$ عند نهايته. ويتكون الذيل من ثلاثة أجزاء. هي من الأمام إلى الخلف: **القطعة الوسطى** **middle piece** و**القطعة الأساسية** **principal piece** و**القطعة النهائية** **end piece** (شكل 10). كما يظهر من الشكل المذكور، تختلف هذه الأجزاء في تركيبها الداخلي.

يتشكل الذيل من محور **axoneme** مكون من تسع ثنائيات **doublers** من الأنابيب الدقيقة **mi-crotubule** التي تحيط بأنيبيبين دقيقين في الوسط، ولكل ثنائية من الأنابيب الدقيقة ذراعين تكونان من البروتين داينين **dynein** (شكل 13.12) المسؤول عن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية، نظراً لأن لهذا البروتين قدرة إنزيم **ATPas**. ويوجد حول هذا المحور تسعة ألياف **dense fibers** وغمد ميتوكونديوني في القطعة الوسطى (مقدمة الذيل)، بينما يوجد سبعة من هذه الألياف وغمد ليفي **fibrous sheath** حول محور القطعة الأساسية **principal piece** (شكل 12).



(شكل 12) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ للقطعة الوسطى (يمين) والقطعة الأساسية (يسار) من ذيل حيوان منوي. لاحظ الألياف الداكنة (**df**) والغمد الليفي (**fs**) وغمد الميتوكونديريا (**m**) وغشاء الخلية المنوية (سهم)



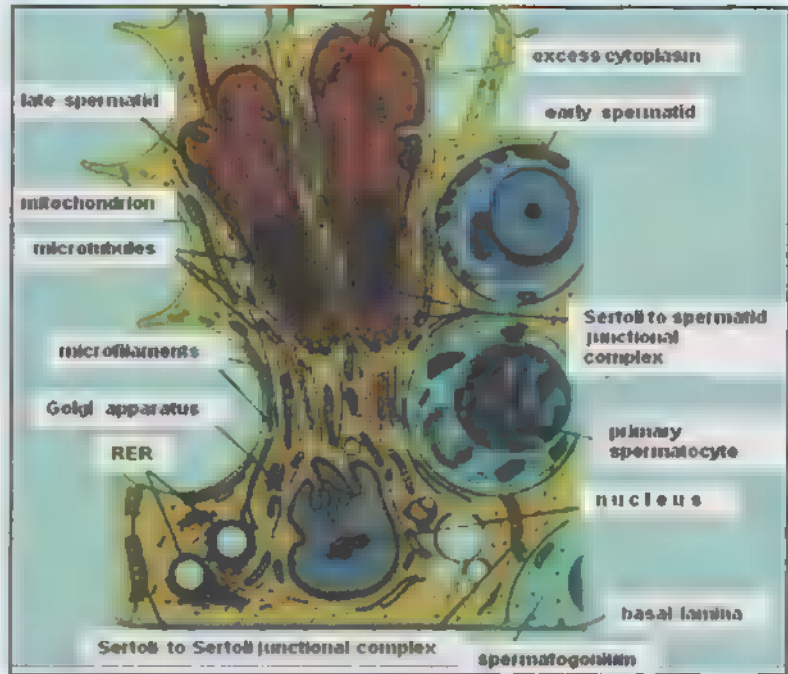
(شكل 13) صورة بالمجهر الإلكتروني لمحور ذيل حيوان منوي. لاحظ ثنائيات الأنابيبات الدقيقة (رأس سperm) وأذرع دايئين (سperm) والأنابيبين الفرادي في الوسط

ج. خلايا سرتولي Sertoli Cells

• تركيب خلايا سرتولي

هذه خلايا هرمية الشكل، ترتكز قواعدها على الصفيحة القاعدية للأنابيب المنوي. وتمتد قممها حتى تجويف هذا الأنبيب (شكل 14). ولهذه الخلايا عدة بروزات جانبية تحضن الخلايا المنوية في مراحل تمايزها المختلفة. وتحتوي خلايا سرتولي شبكة إندوبلازمية ملساء وأخرى خشنة محددة، إضافة إلى عدة ميتوكوندريا وأجسام حالة ومركب جولجي نام وأنابيبات وخييطات دقيقة. أما نواة خلية سرتولي فلها عدة ثنايا، وتوجد فيها نوية واضحة (شكل 14).

تتصل خلايا سرتولي المتجاورة عند مستوى الخلايا المنوية الأم بـ روابط محكمة tight junctions تشكل الحاجز الخصوي الدموي blood-testicular barrier (شكل 14)، الذي يحمي الخلايا المنوية المتقدمة من تأثيرات مواد سامة قد توجد في الدم. كذلك، تتصل خلايا سرتولي عبر روابط فجوية gap junctions تسمح بمرور أيونات هامة بينها، مما ينسق دورة انقسام الخلايا المنوية.



(شكل 14) رسم لخلية سرتولي كما تظهر في مجهر إلكتروني نافذ. لاحظ أذرع الخلية الجانبية والرأسية التي تحضن مراحل تمايز الخلايا المنوية. كذلك، تبين العضيات الخلوية التي تساعد في هذا النشاط.

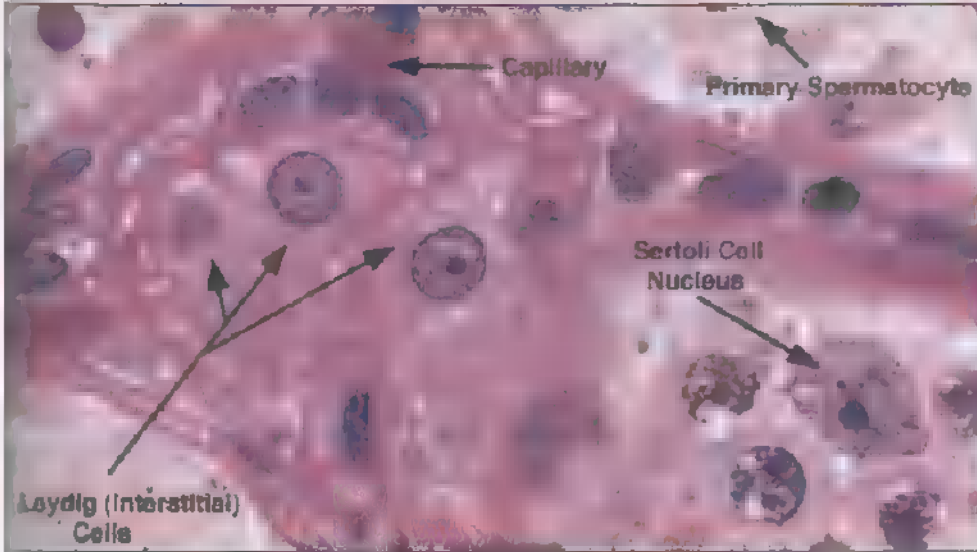
• وظائف خلايا سرتولي

- تقوم خلايا سرتولي بعدة وظائف، أهمها:
- أ. دعم وحماية وتغذية الحيوانات المنوية.
- ب. تفكيك السيتوبلازم الذي تطرحه الحيوانات المنوية بعد انتهاء تمايزها.
- ج. تسهيل انسياب الحيوانات المنوية بإفرازها سائل داخل الأنابيبات المنوية.
- د. إفراز بروتين رابط الأندروجين **androgen binding protein** الذي يرتبط بهرمون تستوستيرون لحفز تكوين الحيوانات المنوية.
- هـ. إطلاق الحيوانات المنوية وذلك بتراجع أذرعها التي تحضن تلك الخلايا.
- و. إفراز هرمون **inhibin** الذي يكبح توليد وإطلاق هرمون **FSH** الذي ينشط دورة انقسام الخلايا المنوية، وفي ذلك ضبط لهذه العملية.

2.1.1 النسيج البيني Interstitial Tissue

تتفصل الأنابيبات المنوية عن بعضها بنسيج يحتوي خلايا ليفية وخلايا أكولة كبيرة وخلايا ضامة غير متميزة وأوعية دموية (شكل 15). والشعيرات الدموية في هذا النسيج هي من النوع المثقب الذي يسمح بالعبور الحر للجزيئات الكبيرة، مثل بعض بروتينات الدم، إلى الأنابيبات

المنوية. وفي مرحلة البلوغ، يظهر في النسيج البيني خلايا لايدج Leydig cells (شكل 15) التي تحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء وعدة ميتوكوندريا. وتنتج هذه الخلايا هرمون تستوستيرون.



(شكل 15) صورة مجهرية ضوئية لمنطقة النسيج البيني وتظهر خلايا لايدج

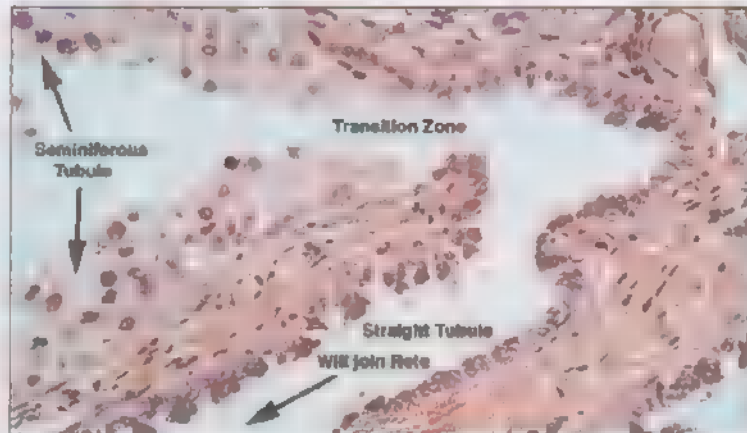
2. القنوات التناسلية Genital Ducts

تكون هذه القنوات داخل الخصية intratesticular وتشمل الأنابيبات المستقيمة recti وشبكة الخصية rete testis والقنوات الصادرة ductuli efferentes (شكل 1)، إضافة إلى قنوات خارج الخصية extratesticular وتشمل قناة البريخ ductus epididymis والوهماء vas deferens والإحليل urethra والقضيب penis (شكل 1).

1.2 القنوات داخل الخصية

تأخذ الأنابيبات المنوية شكل حلقات، ينتهي كل منها بأجزاء دقيقة تسمى الأنابيبات المستقيمة التي تتشكل من نسيج طلائي مكعب بسيط (شكل 16)، يدعمه نسيج ضام كثيف غير منظم وتصب هذه الأنابيبات بشبكة الخصية rete testis، التي تتكون من قنوات دقيقة ومتشعبة جداً وتبطن بنسيج طلائي مكعب بسيط. وتمتد من الشبكة المذكورة قنوات صادرة ductuli efferentes يتراوح عددها بين 10-20، وتتكون بطانتها من خلايا مكعبة غير مهدبة، إضافة إلى خلايا مهدبة (شكل 17) تخلق بضرباتها تياراً يحرك الحيوانات المنوية باتجاه البريخ. ويرتكز النسيج الطلائي المشار إليه على صفيحة قاعدية تحيط بها طبقة من خلايا عضلية دائرية ملساء. وتندمج القنوات الصادرة تدريجياً لتشكل قناة البريخ ductus epididymis (شكل 2).

16



(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية لمنطقة الانتقال من أنابيب منوي إلى أنابيب مستقيم. لاحظ التحول من نسيج طلائي طبقي في الأول إلى نسيج مكعب بسيط في الثاني



(شكل 17) صورة مجهرية ضوئية لجزء من قنية صادرة تظهر بطانتها مكونة في بعض المناطق من نسيج مكعب بسيط يعمل أهدابا. ويظهر في مناطق أخرى وكأنه طبقي

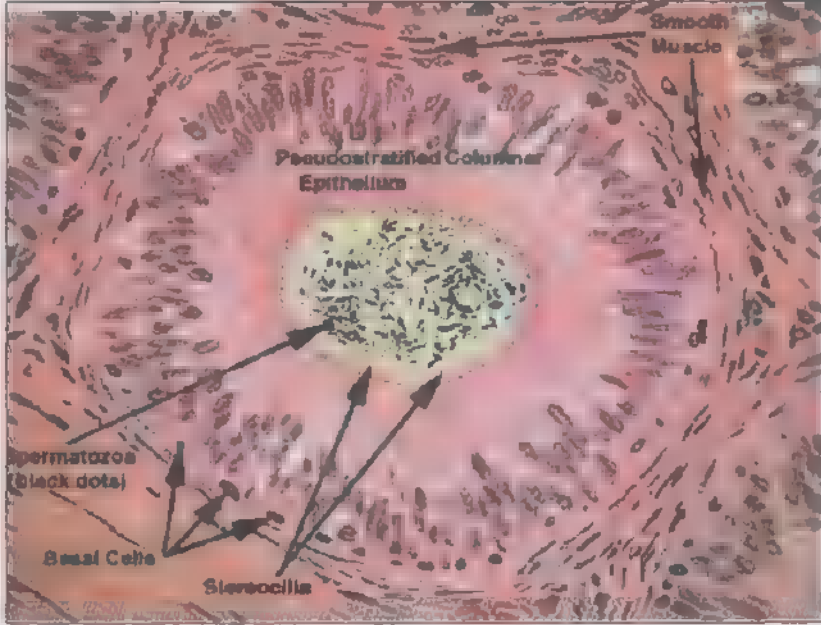
2.2 القنوات خارج الخصية

تخرج الحيوانات المنوية من الخصية وقنواتها لتسير في ممرات تبدأ بـ epididymis مروراً بـ الوعاء الناقل vas deferens والقضيب penis (شكل 1).

1.2.2 البريخ Epididymis

هذا أنبوب كثير الالتواء، يتراوح طوله بين 4-6 أمتار ويعتبر مكان تخزين الحيوانات المنوية. يبطن هذا الأنبوب بنسيج طلائي طبقي كاذب يحمل أهداباً كاذبة stereocilia (هي أشبه بالخملات الدقيقة في تركيبها الدقيق)، ويتشكل من خلايا قاعدية دائرية وأخرى عمادية.

تحتوي شبكة إندوبلازمية خشنة كبيرة، إضافة إلى مركب جولجي كبير يحيط بالنواة. وتساهم الخلايا القاعدية للنسيج الطلائي في تفكيك المخلفات الستوبلازمية التي تطرح أثناء تمايز الطلائع المنوية. ويحاط النسيج الطلائي للبربخ بعضلات ملساء (شكل 18) تساهم حركتها الدودية بتحريك الحيوانات المنوية داخل هذا العضو الطويل باتجاه الوعاء الناقل.

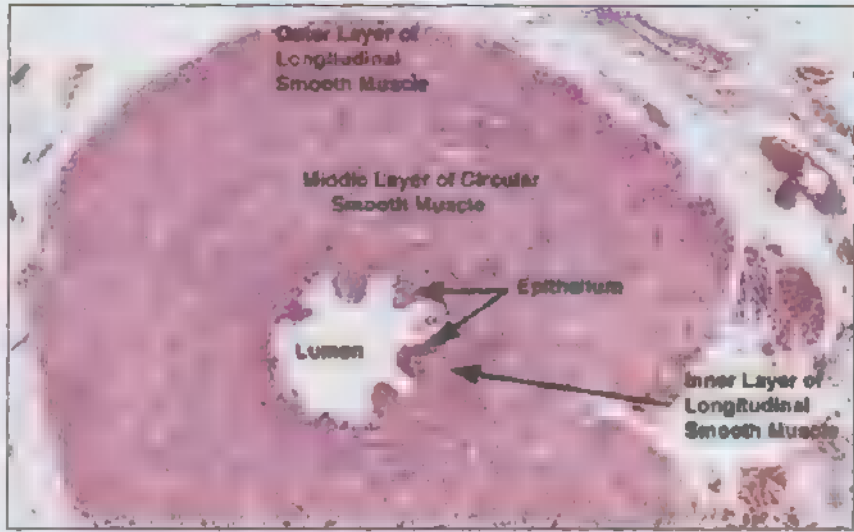


(شكل 18) صورة مجهرية ضوئية لقطع عرضي في البربخ، وفي تجويفه حيوانات منوية. لاحظ النسيج الطلائي الكاذب والخلايا العضلية الملساء المحيطة به.

2.2.2 الوعاء الناقل Vas Deferens

يطلق على هذا الجزء اسم آخر هو القناة الناقلة ductus deferens، ولهذا الوعاء بطانة (شكل 19) تتكون من نسيج طلائي طبقي كاذب تغطي أسطح خلاياه خملات دقيقة. ويظهر على طول هذه البطانة ثيايا كثيرة، وهي تتركز على صفيحة غنية بالألياف المرنة، تحيط بها طبقة طولية عضلية داخلية وأخرى طولية خارجية تفصلهما طبقة من الخلايا العضلية الدائرية (شكل 19). ويبلغ سمك هذه المنطقة حوالي 1.0 ملم، ويحيط بها طبقة خارجية من النسيج الضام. يعتبر الوعاء الناقل جزءاً من الحبل المنوي spermatic cord الذي يشمل أيضاً الشريان المنوي وضمفيرة من الأعصاب. ويحيط بالحبل المنوي عضلة مشمرة cremaster muscle تمتد باتجاه الخصية وتقلفها بحيث ترفعها إلى داخل الجسم في حالات البرد والخوف. وبشكل الوعاء الناقل في جزئه الأخير، انتفاخاً مغزلي الشكل يدعى الجراب ampulla (شكل 1). وكما نلاحظ من الشكل 1، يلتقي آخر الجراب مع الحوصلة المنوية seminal vesicle ويدخل بعدها غدة البروستات prostate، حيث يسمى هناك بقناة القذف ejaculatory duct (شكل 1).

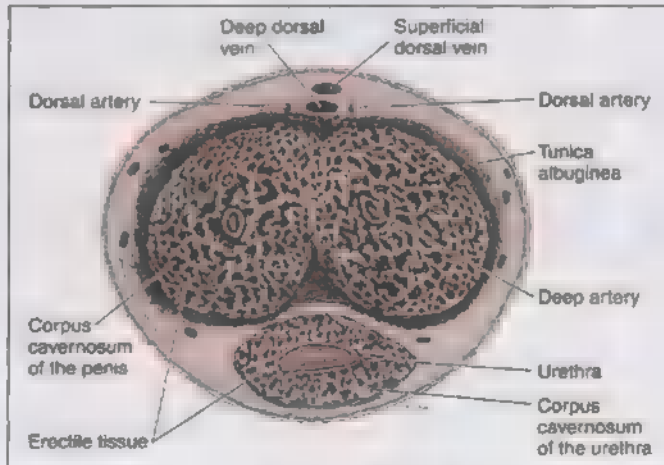
16



(شكل 19) صورة مجهرية ضوئية لقطع عرضي في وعاء ناقل

3.2.2 القضيب Penis

يتكون القضيب من ثلاث كتل أسطوانية انتصابية إضافة إلى الإحليل urethra (شكل 20). ويحيط به الجلد من الخارج. وكما يظهر من الشكل المذكور تحتل كتلتان من هذه الكتل موقعا ظهريا، يسمى كل منهما الجسم الكهفي للقضيب corpus cavernosum of the penis. أما الكتلة الثالثة فتحتل موقعا بطنيا وتدعى الجسم الكهفي للإحليل corpus cavernosum of the urethra الذي يتسع عند نهايته ليكون حشفة القضيب glans penis (شكل 1). وتغطي الأجسام الثلاثة

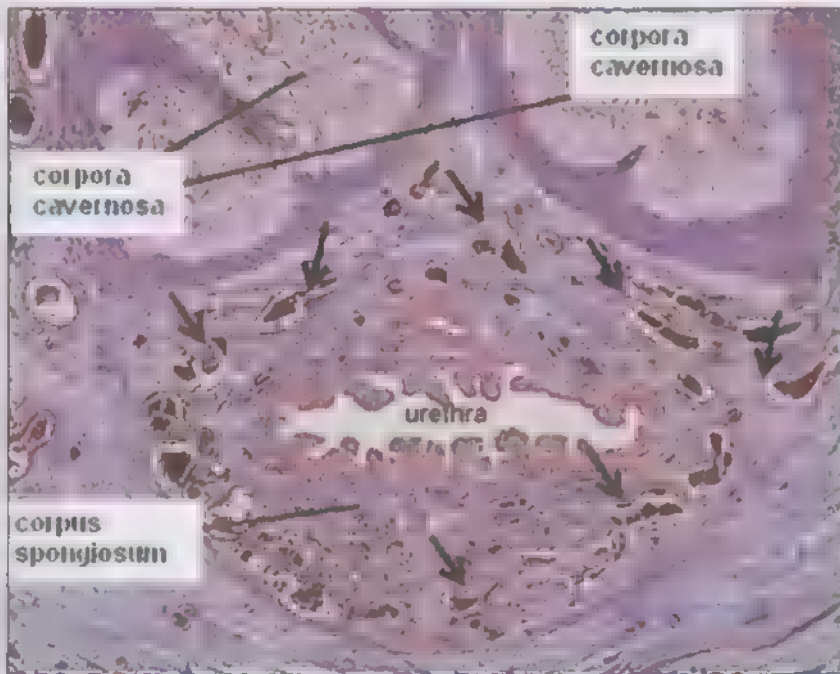


(شكل 20) رسم لقطع عرضي في القضيب

بنسيج ضام كثيف يسمى الغلاف الأبيض tunica albuginea (شكل 20) الذي يتكون من نسيج انتصابي erectile tissue (شكل 20) يمثل حيزات وريدية تبطن بخلايا غير مثقبة، وتتفصل عن بعضها به حواجز trabeculae تتألف من ألياف ضامة وخلايا عضلية ملساء.

يمتد الجلد فوق حشفة القضيب كثيفة قابلة للإنكماش وتحتوي غددا دهنية، إضافة إلى نسيج ضام كثيف وألياف عضلية ملساء. ويبطن معظم إحليل القضيب بنسيج طلائي طبقي كاذب يتحول إلى طبقي حرشفي في منطقة الحشفة. كذلك تمتد على طول بطانة إحليل القضيب غدد مخاطية تدعى غدد لتر glands of Littre.

يتزود القضيب بـ شرايين عميقة deep arteries تتفرع لتكوّن شرايين مغذية تزود الحواجز في الغلاف الأبيض المشار إليه (شكل 20)، إضافة إلى شرايين أخرى لولبية تصب مباشرة في النسيج الانتصابي. ويعتمد انتصاب القضيب على منبهات من الجهاز نظير الودي parasympathetic تعمل على توسعة أوعيته الدموية (شكل 20، 21)، ويتزامن ذلك مع تثبيط منبهات الجهاز الودي sympathetic القابضة لعضلات الأوعية الدموية في الخصية. وتؤدي توسعة شرايين القضيب إلى زيادة تدفق الدم إليه وبالتالي انتصابه. وبعد القذف، تقل المنبهات القادمة من الجهاز نظير الودي ويعود القضيب لحالة الاسترخاء.



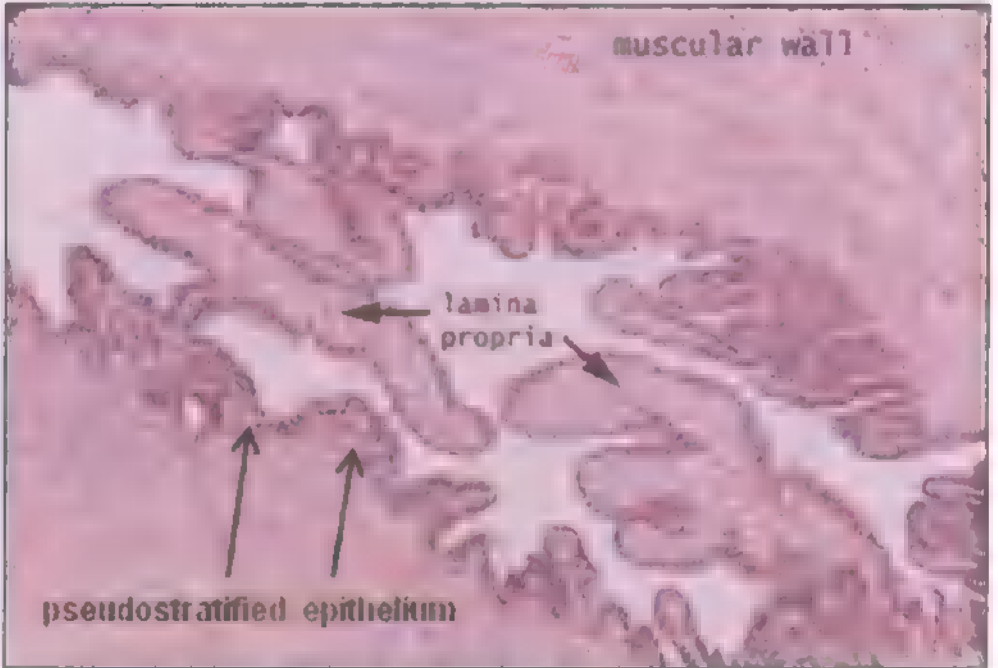
(شكل 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع عرضي في القضيب. لاحظ وفرة الأوعية الدموية في الجسم الإسفنجي المحيط بالإحليل (أسهم)

3. الغدد التناسلية المساعدة Accessory Genital Glands

تشمل هذه الغدد حوصلتين منويتين seminal vesicles والبروستات prostate وغدتَي كوبر Cowper's glands.

1.3 الحوصلة المنوية Seminal Vesicle

هذه تركيب كيسي الشكل يبلغ طولها حوالي 15 سم. تنشأ كانبعاث من الوعاء الناقل (شكل 1)، وتركيبهما النسيجي متشابه. وتشكل بطانة هذه الحوصلة نظاما معقدا من الثنايا الأولية التي تتفرع إلى ثنايا ثانوية وثالثية تمتد وتتشابك داخل تجويف الغدة، مما يؤدي إلى تكوين عدة تجاويف بأحجام مختلفة، تتفصل عن بعضها بفواصل نحيفة ومتقرعة وتفتح كلها في تجويف مركزي كبير (شكل 22). وتتكون بطانة الحوصلة المنوية من نسيج طلائي طبقي كاذب، طبقته السطحية غنية بحبيبات إفرازية، يقع تحتها خلايا قاعدية مستديرة. وترتكز البطانة إلى صفيحة فيها عدة ألياف مرنة تحيط بها طبقة رقيقة من خلايا عضلية ملساء (شكل 23) تزود بألياف عصبية من النوع الودي.

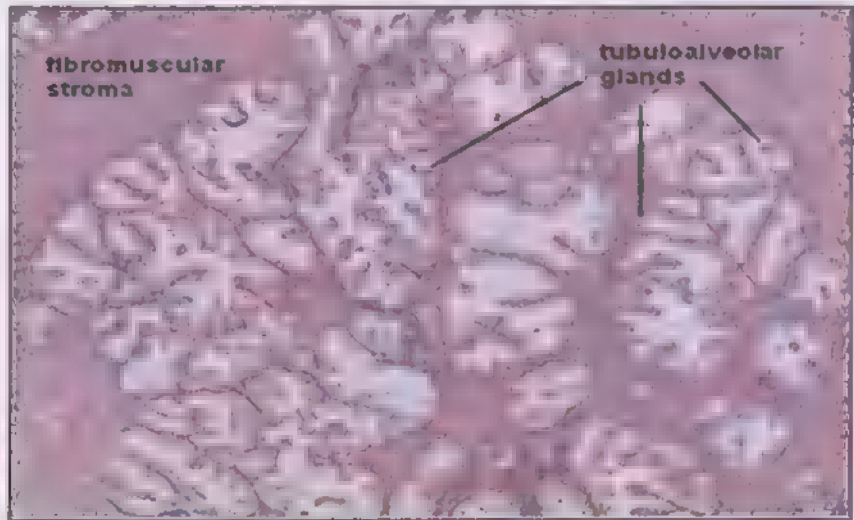


(شكل 22) صورة مجهرية ضوئية لقطع في حوصلة منوية

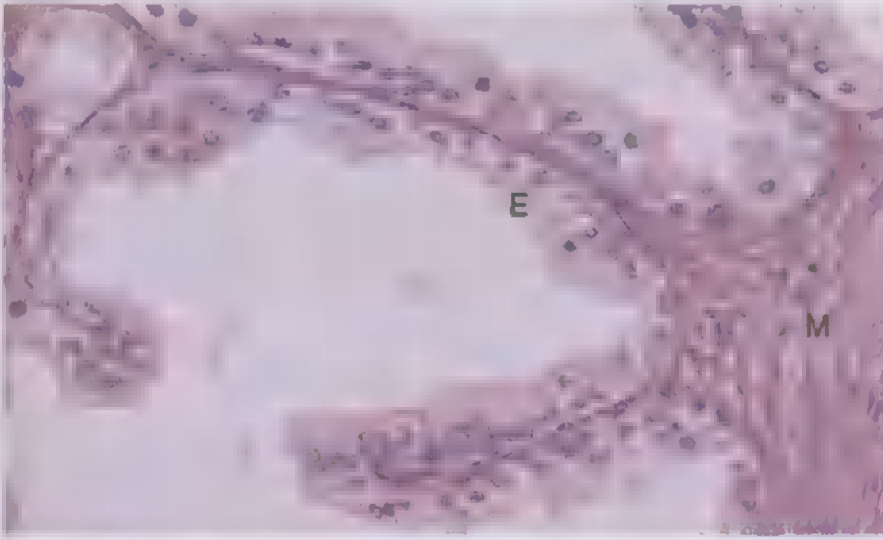
النسيج الطلائى المبطن للغدد المخاطية وتحت المخاطية المشار إليهما هو من النوع الطبقي الكاذب (شكل 25). أما في الغدد الرئيسة فيكون النسيج الطلائى من النوع العمادي البسيط. وتشكل لحمة البروستات من نسيج ضام كثيف يحتوي ألياف كولاجينية، وشبكة من الألياف المرنة، إضافة إلى عدة ألياف عضلية ملساء تتنظم في حزم ذات سماكات مختلفة (شكل 26). كذلك، يشكل النسيج الضام كبسولة تحيط بهذه الغدة، وتخرج من هذه الكبسولة عدة فواصل (شكل 26) تخترق جسم الغدة لتقسيمها إلى عدة فصوص يصعب تمييزها في الذكر البالغ. ويزود النسيج العضلي لهذه الغدة بألياف عصبية غير منخعة تتصل بعقدة ودية صغيرة.

تتكون معظم إفرازات البروستات في الغدد الرئيسة وتبلغ درجة حموضتها (pH) حوالي 6.5. وتحتوي هذه الإفرازات إنزيم أميليز *amylase* وإنزيمات مفككة للبروتينات، والدهون، إضافة إلى فوسفاتيز الحامضي *acid phosphatase* الذي يرتفع تركيزه في المرضى المصابين بسرطان البروستات. ومن إفرازات غدة البروستات مولد الضد الخاص بـ البروستات *prostate specific antigen (PSA)*. ونظراً لأن إفرازه يزداد أثناء الإصابة بالسرطان، فإن منسوبه بالدم يسهل تشخيص المرض ومعالجته.

ويلاحظ في إفرازات البروستات بعض الخلايا المتساقطة، إضافة إلى أجسام كروية متراكمة تدعى حصيات البروستات *prostatic concretions*. ويعتقد أن هذه الأجسام تنشأ نتيجة تكثيف إفرازات الغدة المذكورة. وقد تصبح هذه الأجسام متكلسة، ويتجاوز قطرها 1.0 ملم. وفي بعض الأحيان تشاهد هذه الأجسام في السائل المنوي، ويزداد عددها بتقدم العمر.



(شكل 25) صورة مجهرية ضوئية لقطع في البروستات. لاحظ الغدد الأنبوبية الحوصلية ذات الشاي المتعددة، ولحمة الغدة المكونة من ألياف عضلية وكولاجينية ومرنة



(شكل 26) صورة مجهرية ضوئية لجزء من غدة البروستات تبين النسيج الطبقي الكاذب (E) والنسيج العضلي الليفي (M) الذي يفصل بين الغدد ويحيط بها

3.3 غدة كوبر Cowper's Glands

يطلق على غدة كوبر اسم الغدة البصلية الإحليلية bulbourethral gland، ويبلغ قطرها حوالي 4.0 ملم، وهي من النوع الأنبوبي الحوصلي. تقع غدتا كوبر تحت غدة البروستات بالقرب من بداية الإحليل حيث يصبان فيه (شكل 1). وتبطن غدة كوبر بنسيج طلائي مكعب بسيط يفرز مادة مخاطية شفافة تلين مجرى الحيوانات المنوية، ويحيط به نسيج ضام كثيف وآخر عضلي يحتوي أليافاً عضلية هيكلية وملساء. ويمتد النسيج العضلي إلى داخل الغدة على هيئة حواجز ليقسمها إلى عدة فصوص.

4. السائل المنوي Semen

يمثل هذا السائل خليطاً من الحيوانات المنوية وإفرازات الغدد التناسلية التي أشرنا إليها آنفاً. أبرز مكونات هذا السائل سكر الفركتوز الذي يشكل المصدر الأساسي لطاقة الحيوانات المنوية. ويبلغ حجم هذا السائل في كل قذف حوالي 3.5 مل، ويتراوح عدد الحيوانات المنوية فيه بين 150 و 300 مليون. تبلغ حموضة السائل المنوي حوالي 7.5، ويتصف بلون أبيض لزج نتيجة إفرازات الحوصلتين المنويتين وغدة كوبر. وتساعد قاعدية هذا السائل إلى تخفيف حامضية الإحليل والمهبل. كذلك، فإنه يحتوي إنزيمات تنشط الحيوانات المنوية بعد القذف.

الفصل السابع عشر

جهاز الغدد الصم

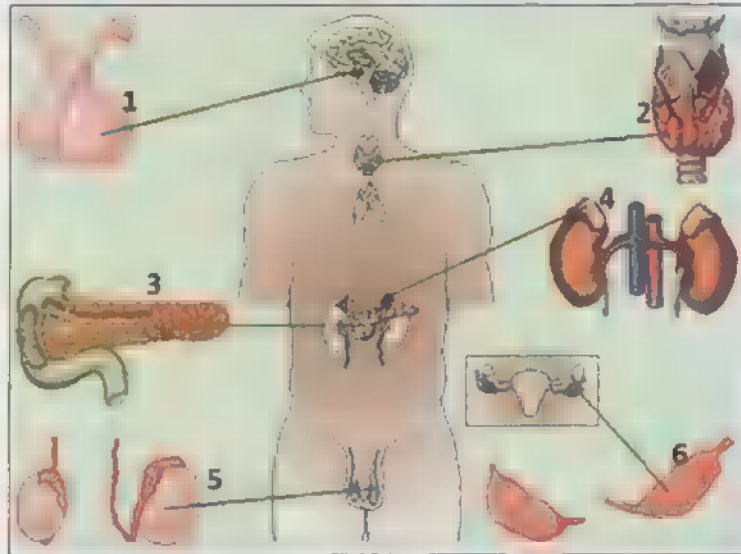
Endocrine System

- | | | | |
|-----|-------------------------|-----|------------------------|
| 368 | 5. جارات الدرقية..... | 349 | 1. الغدة النخامية..... |
| 370 | 6. الغدة الصنوبرية..... | 359 | 2. الغدة الكظرية..... |
| 372 | 7. غدد أخرى..... | 362 | 3. البنكرياس..... |
| | | 365 | 4. الغدة الدرقية..... |

يقوم الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم بتنسيق أنشطة الأنسجة المختلفة. ولقد تناولنا في الفصل السادس الأنسجة العصبية، وندرس في هذا الفصل الغدد الصم الرئيسية، وهي: النخامية pituitary والغدة الدرقية thyroid والبنكرياس pancreas والغدة الكظرية adrenal وجارات الدرقية parathyroids والجسم الصنوبري pineal body والمناسل gonads (شكل 1)، ويعتمد عمل هذا الجهاز على ثلاثة عناصر هي: الغدد الصم endocrine glands والهرمونات hormones والأعضاء المستهدفة target organs.

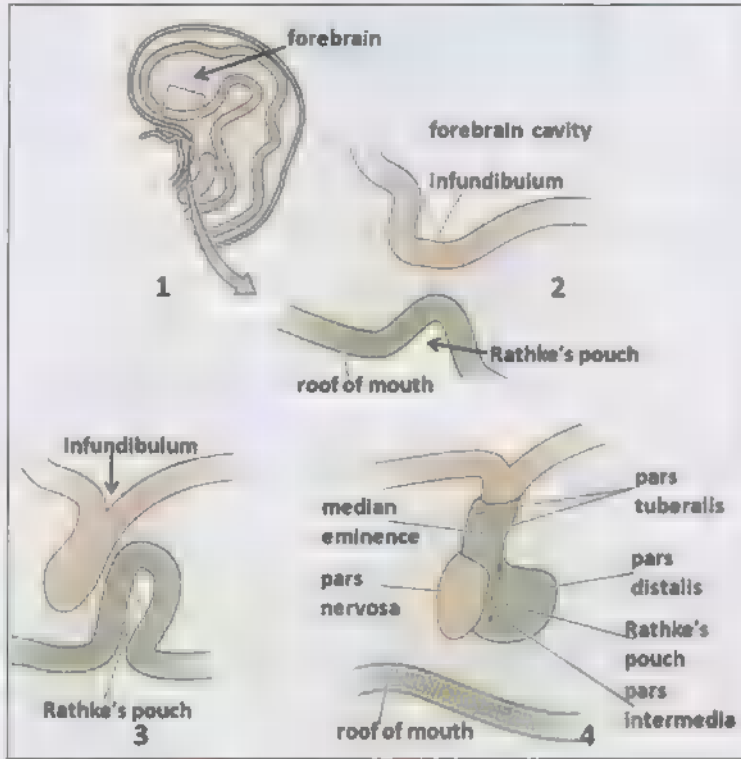
1. الغدة النخامية Pituitary Gland

تقع هذه الغدة في تجويف عظمي جمجمي يدعى السرج التركي sella turcica (شكل 3) عند قاعدة الدماغ، ويبلغ وزنها حوالي 0.5 غم. أما أبعادها فهي: 0.5x1.2x1 سم. وتتصل الغدة المذكورة بغدة أخرى تسمى تحت المهاد hypothalamus، وتشارك الغدتان في علاقات نسجية ووظيفية.



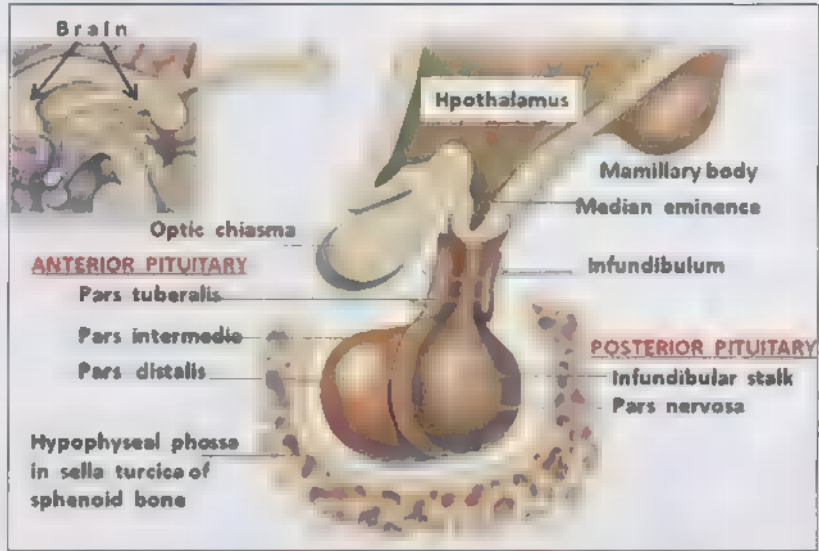
(شكل 1) رسم يبين الغدد الصم، وهي: النخامية (1) والغدة الدرقية (2) والبنكرياس (3) والكظرية (4) والخصية (5) والمبيض (6)

تنشأ الغدة النخامية من مصدرين، هما الأدمة الخارجية ectoderm المبطننة لسقف الفم وتأخذ شكل انبعاث يدعى جيب راثكي Rathke's pouch والأدمة الخارجية المبطننة لإنبعاث في أرضية الدماغ البيني diencephalon (وهو جزء من الدماغ الأمامي forebrain)، يسمى القمع infundibulum (شكل 2)، وفي مرحلة لاحقة من التكوين الجنيني، ينفصل الجيب المذكور عن تجويف الفم، ويتلفظ جداره الأمامي بحيث يقلص تجويف هذا الجيب إلى شق صغير (شكل 2).



(شكل 2) تكوين الغدة النخامية بفصها الأمامي والخلفي

يسمى جزء الغدة النخامية الذي ينشأ من أرضية الدماغ البيني infundibulum بـ النخامية العصبية neurohypophysis أو الفص الخلفي posterior lobe الذي يتكون من جزء كبير يدعى الجزء العصبي pars nervosa وجزء صغير يسمى القمع infundibulum أو العنق infundibular stalk (شكل 3). ويطلق على الجزء الذي ينشأ من جيب راثكي إسم الأمامية anterior pituitary أو الفص الأمامي anterior lobe الذي يتشكل من ثلاثة أجزاء. هي: الجزء القاصي pars distalis والجزء الحديبي pars tuberalis الذي يحيط بقمع الدماغ، والجزء الوسيط pars intermedia الذي يقع بين الجزء الحديبي والجزء القاصي (شكل 3).



(شكل 3) مكونات الغدة النخامية وعلاقتها بتحت المهاد. لاحظ أن الفص الأمامي يتكون من الجزء القاصي والجزء الحديبي والجزء الوسيط، بينما يتكون الفص الخلفي من القمع والجزء العصبي

1.1 النخامية الأمامية Anterior Pituitary

1.1.1 الجزء القاصي Pars Distalis

يشكل هذا الجزء حوالي 75% من حجم الغدة النخامية ويتألف من خلايا إفرازية تأخذ شكل حبال أو حوصلات، تتفصل عن بعضها بألياف شبكية وبشعيرات دموية كثيرة. ويحتوي هذا الجزء نوعين من الخلايا، هما: الخلايا الكارهة للاصطبغ chromophobe cells، والخلايا المحبة للاصطبغ chromophil cells (شكل 4).

أ. الخلايا الكارهة للاصطبغ Chromophobe Cells

سميت هذه الخلايا كذلك لأنها لا تصطبغ بالأصبغ التقليدية (هيماتوكسلين وإيوسين)، وعند دراستها بالمجهر الضوئي، يظهر سيتوبلازمها باهتا، وبدون حبيبات إفرازية واضحة. وتنتمي معظم الخلايا الكارهة للاصطبغ لمجموعة خلوية تسمى الخلايا الحوصلية follicular cells التي تتصف ببُروزات طويلة تشكل شبكة دعامة لبقية الخلايا في الفص الأمامي للغدة الأمامية.

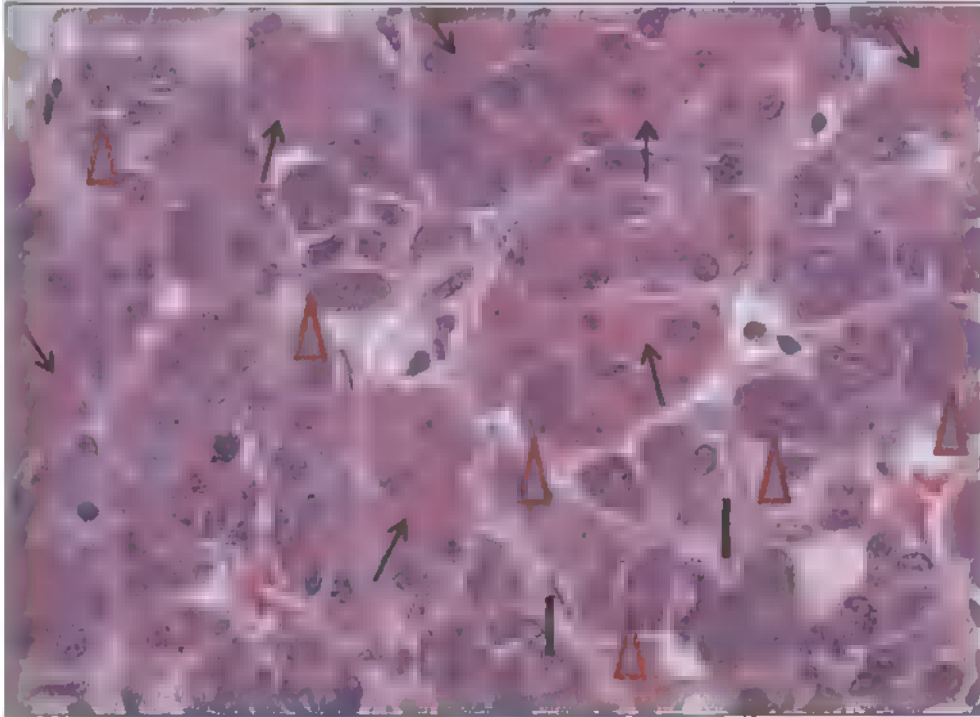
ب. الخلايا المحبة للاصطبغ Chromophilic Cells

هذه الخلايا مفرزة للهرمونات وتتفاوت في أحجامها وأعدادها، تبعاً للحالة الوظيفية للأعضاء المستهدفة. وبشكل عام، يتراوح قطر هذه الخلايا بين 12-15 μm . وتحتوي هذه الخلايا شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة ومركب جولجي كبير وعدة حبيبات محاطة بأغشية بداخلها الهرمونات المفرزة. وتصنف الخلايا المحبة للاصطبغ إلى: محبات الأحماض acidophils التي ترتبط

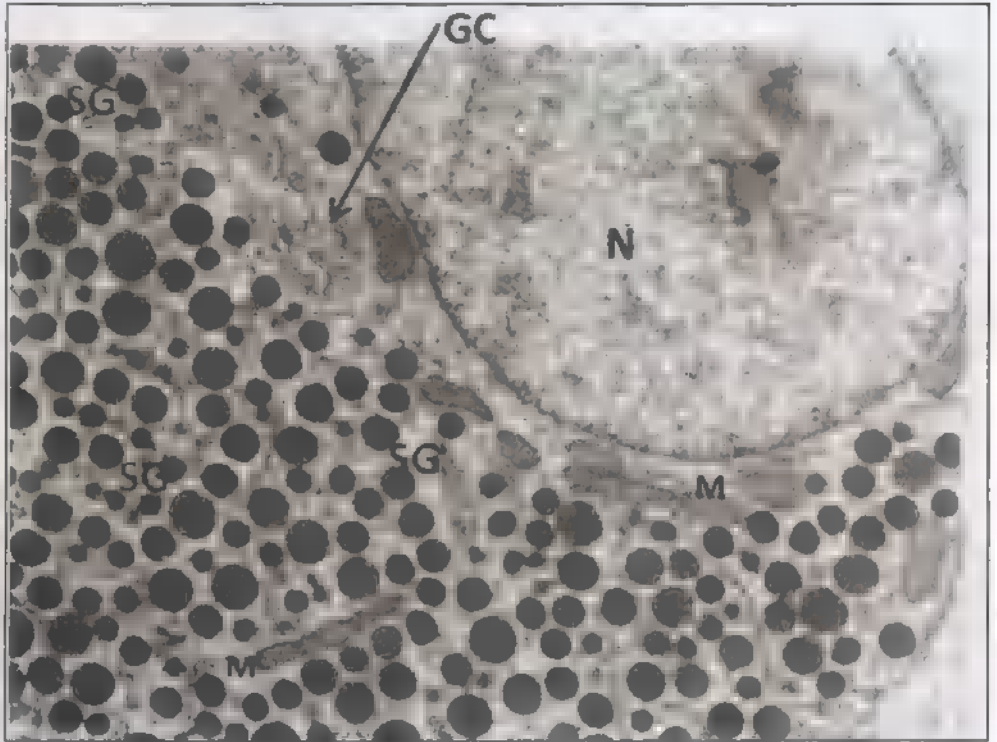
بصبغات حامضية مثل orange G ، ومحببات القواعد basophilic (شكل 4) ، تصطبغ بصبغات قاعدية مثل aniline blue. كذلك يمكن إظهار الخلايا الأخيرة بطريقة Periodic Acid Schiff .PAS

• الخلايا المحبة للأحماض Acidophilic Cells :

يطلق على هذه الخلايا اسم خلايا ألفا alpha cells ويتراوح قطرها بين 14-20 μm ، وتتسم هذه الخلايا بشكل كروي أو بيضوي وحبيبات كبيرة يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي. واعتمادا على طريقة صبغها، تصنف هذه الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا الموجهة للجسم somato-tropic cells (شكل 5) وتفرز هرمون النمو growth hormone والخلايا الموجهة للثدي mamotrophic cells التي تفرز الهرمون المنبهر للثدي prolactin .



(شكل 4) صورة مجهرية ضوئية تبين الخلايا المحبة للأحماض (سهم) والخلايا المحبة للقواعد (رأس سهم) والخلايا النكارة للإصطبغ (خط مسقيم). في الغدة النخامية الأمامية.



(شكل 5) صورة مجهرية إلكترونية تبين خلية موجهة للجسم. لاحظ الحبيبات الإفرازية (SG) وجسم جولجي (GC) والميتوكوندريا (M) والنواة (N)

• الخلايا المحبة للقواعد Basophilic Cells:

تصطبغ هذه الخلايا جيدا بصبغة أزرق أنيلين aniline blue، ويمكن تمييزها بسهولة عن الخلايا المحبة للأحماض حيث تظهر بسيتوبلازم داكن (شكل 4)، وتشمل هذه المجموعة الخلوية ثلاثة أنواع هي: الخلايا الموجهة للدرقية thyrotropic cells والخلايا الموجهة للمناسل gonadotropic cells والخلايا الموجهة لقشرة الكظرية adrenocorticotropic cells. ويبين الجدول التالي أبرز صفات الخلايا المحبة للأحماض والخلايا المحبة للقواعد وطبيعة ووظائف الهرمونات المفرزة.

صفات ووظائف خلايا الغدة النخامية (الأمامية)

نوع الخلايا	شكل وقطر حبيبات الإفراز	الهرمون المفرز وظيفته الكيميائية	تأثير الهرمون
الخلايا الموجهة للجسم somatotrophic cells	دائري أو بيضوي nm 400-350	هرمون النمو GH بروتيني	حفز نمو العظام
الخلايا الموجهة للثدي mammatrophic cells	دائري أو بيضوي nm 200 في الذكور والإناث البالغين و nm 600 في الحوامل	برولاكتين prolactin بروتيني	حفز إفراز الحليب
الخلايا الموجهة للغدة الدرقية thyrotrophic cells	غير منتظم nm 200-120	الهرمون المحفز للغدة الدرقية TSH بروتين كربوهيدراتي	حفز نشاط الغدة الدرقية
الخلايا الموجهة لقشرة الكظرية somatotrophic cells	نجمي nm 500-400	الهرمون القشري لقشرة الغدة الكظرية ACTH منمدد الببتيد	حفز قشرة الغدة الكظرية
الخلايا الموجهة للمناسل gonadotrophic cells أ. مفرزات FSH ب. مفرزات LH	دائري nm 400-250 دائري nm 400-250	FSH بروتين كربوهيدراتي LH بروتين كربوهيدراتي	حفز تكوين البويضات والحيوانات المنوية حفز الجسم الأصفر وحفز خلايا لايدج

2.1.1 الجزء الحديبي Pars Tuberalis

يحيط هذا الجزء بمنطقة القمع التابعة للنخامية العصبية (شكل 3) وهو غني بالأوعية الدموية. وتفرز معظم خلاياه هرموني FSH و LH، وتنظم الخلايا في حبال تمتد جنبا إلى جنب مع الشعيرات الدموية.

3.1.1 الجزء الوسيط Pars Intermedia

يكون هذا الجزء على هيئة حبال خلوية محبة للقواعد وتحتوي حبيبات إفرازية صغيرة لا تعرف وظائفها. ويعتبر هذا الجزء أثرياً، ذلك أن جيب راثكي نادراً ما يلاحظ في نخاميات البالغين، ويحل محله حوصلات follicles مبطننة بنسيج طلائي مكعب يحتوي مواد هلامية.

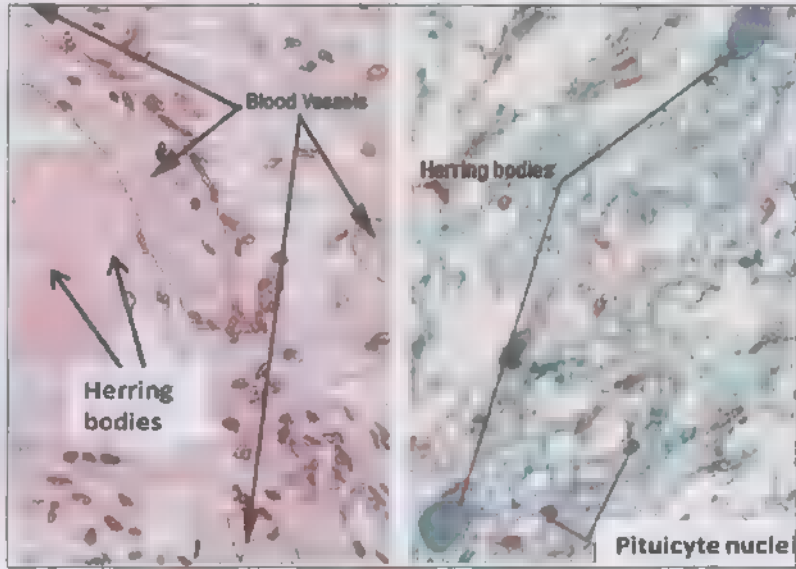
2.1 الخلفية Posterior Pituitary

يطلق على هذا الجزء من الغدة النخامية الفص الخلفي posterior lobe، وهو يتكون من الجزء العصبي pars nervosa والقمع infundibulum الذي يتصل به تحت المهاد hypothalamus (شكل 3). ويخلاف الفص الأمامي الذي يتألف من خلايا طلائية، فإن الفص الخلفي يتشكل من حوالي 100,000 محور غير مننخ unmyelinated axons لخلايا عصبية إفرازية.

17

تتسم الخلايا العصبية الإفرازية بجميع صفات الخلايا العصبية، بما في ذلك نقل السيال العصبي، غير أن لها أجسام نسل Nissl bodies كثيرة. وتنتقل الإفرازات العصبية في المحاور وتتجمع في نهاياتها حيث تشكل تجمعات داكنة يطلق عليها اسم أجسام هرنج Herring bodies التي يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي بجوار شعيرات كبيرة مثقبة (شكل 6). ويظهر المجهر الإلكتروني أن هذه الأجسام تحتوي حبيبات إفرازية (وفيها هرمونات) يتراوح قطرها بين 100 و200 nm، وتكون محاطة بأغشية. وتطلق الحبيبات لتدخل الشعيرات المثقبة الموجودة بوفرة لتتوزع داخل الدورة الدموية.

تفرز خلايا النخامية العصبية هرمونين، يتكون كل منهما من تسعة أحماض أمينية. الهرمون الأول هو الهرمون المانع لإدرار البول antidiuretic hormone ADH الذي يزيد من امتصاص الماء في أنابيب الكلية وذلك عند ارتفاع ضغط الدم. أما الهرمون الثاني فهو أكسيتوسين oxytocin الذي يحفز انقباض الخلايا العضلية للمساء لجدار الرحم، خاصة أثناء الولادة. كذلك، يعمل هذا الهرمون على حفز انقباض الخلايا الطلائية العضلية التي تحيط بحوصلات وقتوات الغدة الشفوية.

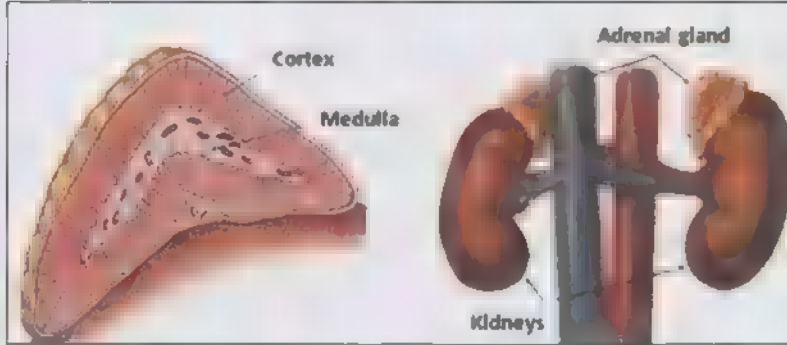


(شكل 6) صورة مجهرية ضوئية لجزء من النخامية العصبية. لاحظ أجسام هرنج (يمين) ووفرة الأوعية الدموية (يسار)

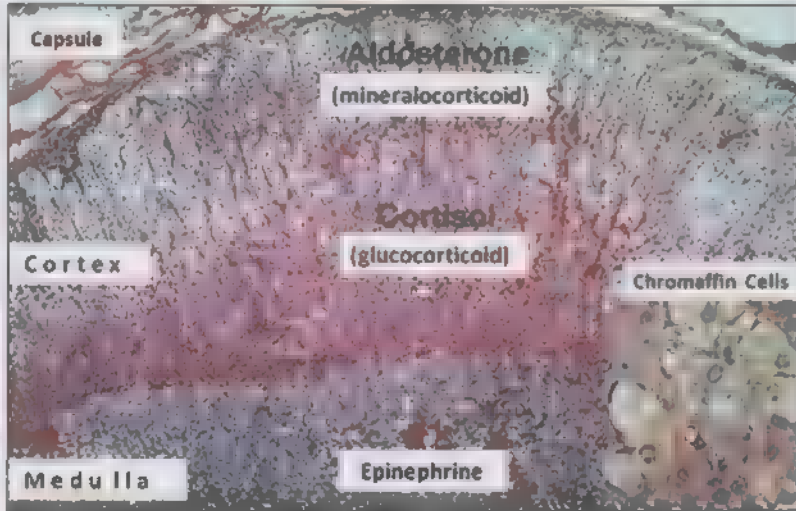
2. الغدة الكظرية Adrenal Gland

تقع هذه الغدة بجوار الجزء العلوي للكلية وتحاط بكبسولة من النسيج الضام الكثيف، وتكون مطمورة بنسج دهني، وهي مسطحة ذات شكل شبه هلال (شكل 7). ويبلغ طولها حوالي 5.0 سم

وسمكها 0.5 سم، وتزن حوالي 4.0 غم. وتتكون الغدة الكظرية من منطقة محيطية صفراء تدعى القشرة cortex ومنطقة مركزية حمراء تسمى اللب medulla (شكل 8.7).



(شكل 7) رسم يبين موقع الغدة الكظرية (يمين) ومقطع طولي فيها (يسار).



(شكل 8) صورة مجهرية ضوئية لمنطقتي القشرة واللب في الغدة الكظرية. لاحظ الإفرازات الأساسية في كل منهما

1.2 قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex

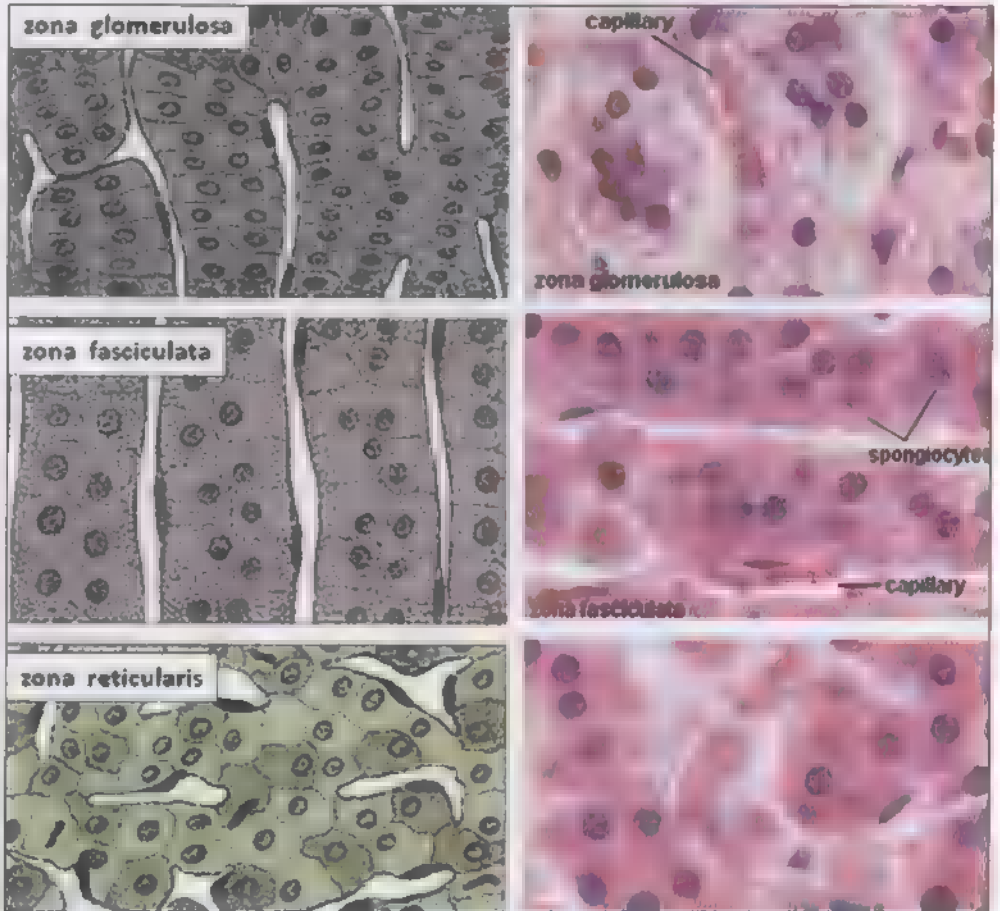
تنقسم القشرة إلى ثلاث مناطق واضحة الحدود، وهذه المناطق هي: الكبيبية glomerulosa والحزمية fasciculata والشبكية reticularis (شكل 9).

أ. المنطقة الكبيبية Zona Glomerulosa: تقع هذه المنطقة تحت الكبسولة، وتنظم خلاياها في مجموعات دائرية أو مقوسة تحيط بها شعيرات دموية (شكل 9). وتفرز هذه المنطقة الـ aldosterone الذي يساهم في توازن الماء وأملاح الجسم، خاصة الصوديوم.

17

ب. المنطقة الحزمية *Zona Fasciculata*: تنظم خلايا هذه الطبقة على هيئة حبال (حزم) مستقيمة (شكل 9)، يتراوح سمكها بين خلية وخليتين تتعامد مع سطح الغدة الكظرية، وتمر بينها شعيرات دموية. ويحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا أعداداً كبيرة من القطيرات الدهنية، لذلك تظهر الخلايا فجوية في التحضيرات المجهرية الضوئية (شكل 9). تفرز خلايا هذه المنطقة هرموني كورتيسون *cortisone* وكورتيسول *cortisol* المعنيان بضبط أيض السكريات والبروتينات والدهون، إضافة إلى بعض الهرمونات الذكرية *androgens*.

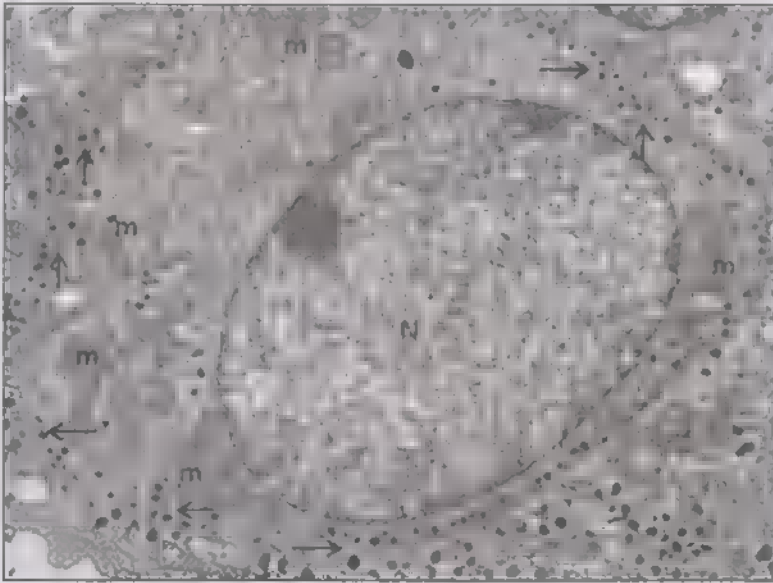
ج. المنطقة الشبكية *Zona Reticularis*: هذه هي الطبقة الداخلية من القشرة، وتتكون من خلايا صغيرة تشكل حبالاً خلوية غير منتظمة تتخللها شعيرات دموية (شكل 9). ويحتوي سيتوبلازم الخلايا قطيرات دهنية قليلة وشبكة إندوبلازمية ملساء وافرة، وتفرز هرموني كورتيسون وكورتيسول، ويخضع عمل قشرة الكظرية لتأثير هرمون *ACTH*.



(شكل 9) رسم يبين التركيب النسيجي لقشرة الغدة الكظرية (يسار) وصور مجهرية ضوئية لمقاطع في هذه المناطق (يمين)

2.2 لب الغدة الكظرية Adrenal Medulla

تنظم خلايا هذه المنطقة على هيئة حبال أو كتل تدعمها ألياف شبكية، وتتخللها شعيرات دموية كثيرة، إضافة إلى بعض خلايا العقد نظير الودية *parasympathetic ganglia*. وخلايا اللب نوى كبيرة، إضافة إلى عدة ميتوكوندريا ومركب جولجي كبير وأنابيب دقيقة. أما العضيات المميّزة لهذه الخلايا فهي حبيبات إفرازية داكنة، يتراوح قطرها بين 150-350 nm (شكل 10). ويفرز لب الغدة الكظرية هرموني إبنفرين *epinephrine* ونور إبنفرين *norpinephrine* بكميات كبيرة استجابة لحالات عاطفية معينة، مثل الخوف والتوتر والمواجهة. ونتيجة لذلك، يرتفع ضغط الدم، ويزداد منسوب السكر.



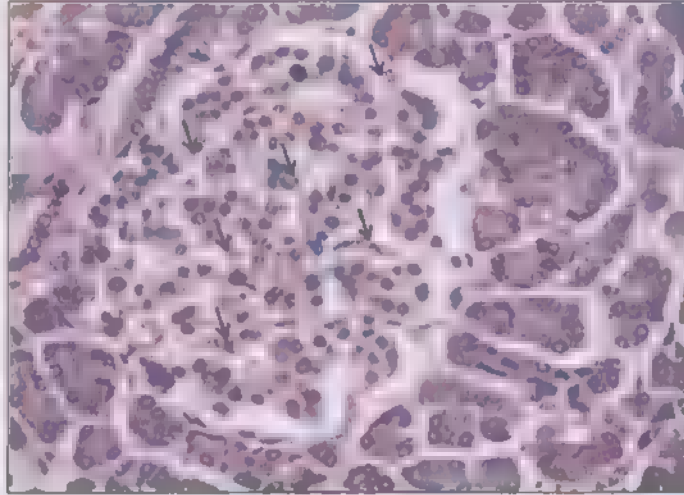
(شكل 10) صورة مجهرية إلكترونية لخلية من لب الغدة الكظرية. لاحظ النواة الكبيرة (N) ووفرة الميتوكوندريا (m) والحبيبات الإفرازية الداكنة (سهم)

3. البنكرياس Pancreas

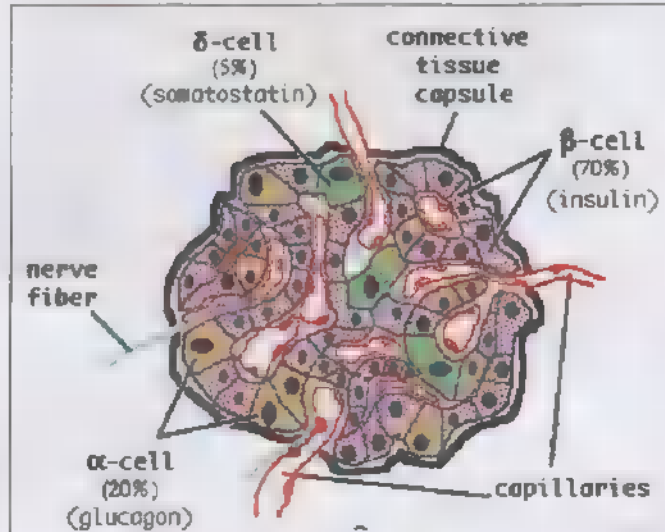
تتألف هذه الغدة من جزء قنوي يفرز إنزيمات إلى الاثنى عشر حيث تساهم في هضم البروتينات والسكريات الشائبة والأحماض النووية والدهنيات، إضافة إلى جزء غدي أصم يتكون من جزر لانجرهانس *Islets of Langerhans*. وحيث أننا في هذا الفصل معنيون بالغدد الصم، فإننا سنعالج التركيب النسيجي لهذه الجزر.

تظهر هذه الجزر كتجمعات خلوية دائرية تكون مطمورة في النسيج القنوي للبنكرياس (شكل 11)، ويقدر عددها في بنكرياس الإنسان بحوالي مليون جزيرة، حيث يتجمع العدد الأكبر منها

في " ذيل" البنكرياس. ويتراوح قطر الجزيرة الواحدة بين 100 و200 μm ، وتتكون كل جزيرة من خلايا كروية تنتظم في حبال تفصلها شبكة من الشعيرات الدموية المنقبضة (شكل 11). وتزود الخلايا والشعيرات في كل جزيرة بأعصاب ذاتية، كما تحيط بكل جزيرة كبسولة من ألياف شبكية. وباستعمال طرائق تعتمد على تفاعلات مناعية خلوية، يمكننا تعيين أربعة أنواع من الخلايا في جزر هانس، أهمها: ألفا (A) وبيتا (B) ودلتا (D) (شكل 12، 13، 14).



(شكل 11) صورة مجهرية ضوئية لجزيرة لانجرهانس في الوسط. يظهر حولها عنيتات الجزء القنوي من البنكرياس. لاحظ وفرة الشعيرات (أسهم) حول هذه الجزيرة



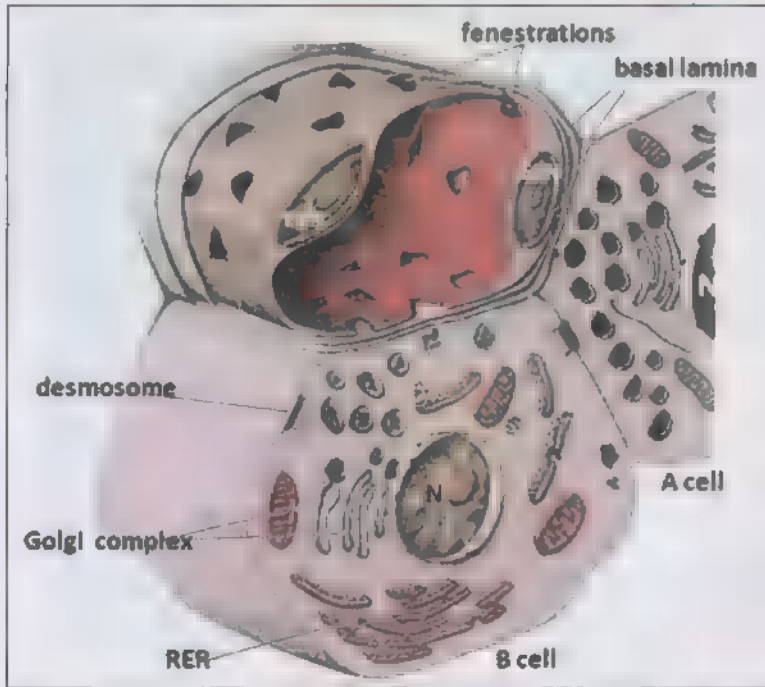
(شكل 12) رسم يبين الخلايا المكونة لجزيرة لانجرهانس ووفرة الشعيرات فيها

1.3 خلايا ألفا A Cells

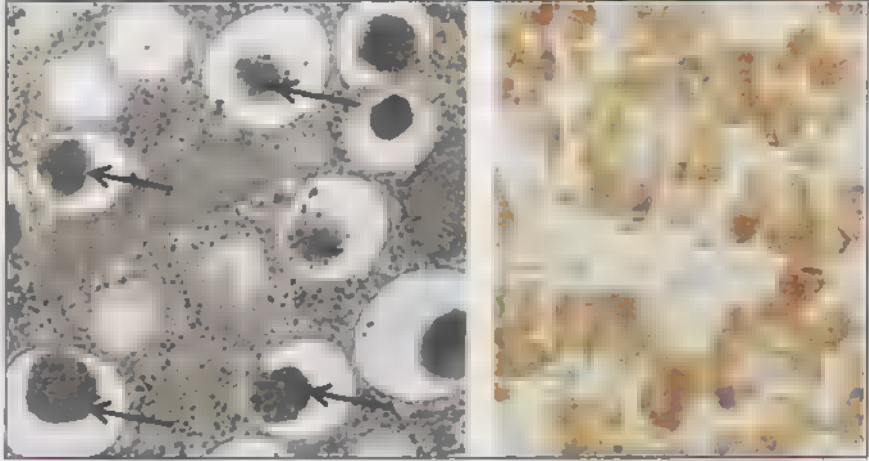
تشكل هذه الخلايا حوالي 20% من جزر لانجرهانس، وتوجد في محيط كل جزيرة، وتحتوي حبيبات إفرازية غير منتظمة يبلغ قطر كل منها حوالي 300 nm، ولها لب داكن ومحيط أقل دكامة (شكل 13). وتفرز هذه الخلايا هرمون جلوكاجون glucagon البروتيني (شكل 14) الذي يسبب تحطيم جلايكوجين في الكبد، ويحفز تكوين جلوكوز من بعض الأحماض الأمينية، وبالتالي زيادة منسوبه في الدم. وتحتوي هذه الخلايا كميات وافرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وكذلك من أجسام جولجي والحبيبات الإفرازية.

2.3 خلايا بيتا B Cells

هذه الخلايا هي الأكثر شيوعاً في جزر لانجرهانس، إذ تبلغ نسبتها حوالي 70% من مجموع خلايا الجزر. تتجمع هذه الخلايا في وسط كل جزيرة، ويحتوي سيتوبلازمها حبيبات منتظمة (شكل 13) يبلغ قطرها 300 nm، ولها لب داكن يحتوي بلورات من هرمون إنسولين insulin البروتيني (شكل 14) الذي يخفض مستوى جلوكوز في الدم. وتحتوي هذه الخلايا كميات وافرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وأجسام جولجي.



(شكل 13) رسم يبين التركيب الدقيق لخلايتي ألفا وبيتا كما يظهر في مجهر إلكتروني ماسح



(شكل 14) صورة مجهرية ضوئية (يمين) تبين مواضع جلوكاجون في خلايا ألفا (A) بلون بني فاتح باستخدام تقانة الكيمياء الخلوية المناعية، وصورة مجهرية إلكترونية لجزء من خلية بيتا (B) في جزيرة لانجرهانس (يسار). لاحظ الحبيبات الإفرازية وداخلها جسيمات الذهب (أسهم) التي تظهر مواقع إنسولين بنفس التقانة

3.3 خلايا دلتا D Cells

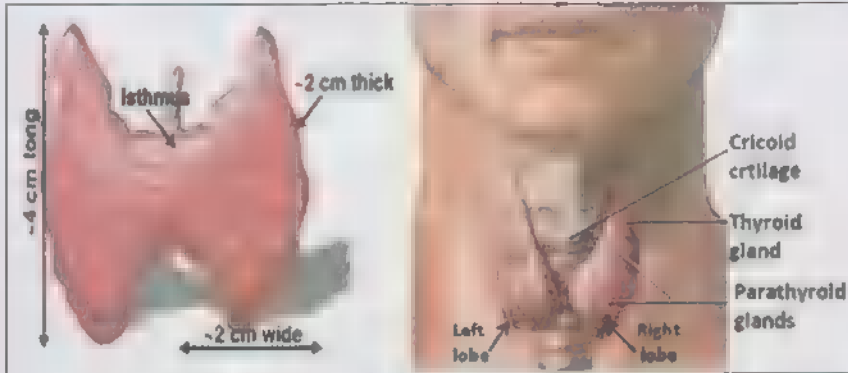
تبلغ نسبة هذه الخلايا في جزر لانجرهانس حوالي 7%. وتحتوي حبيبات متجانسة وقليلة الكثافة، وتفرز هرمون سوماتوستاتين somatostatin الذي يثبط إفراز هرمون جلوكاجون، إضافة إلى إنقاص إفراز HCl من المعدة.

4.3 خلايا F

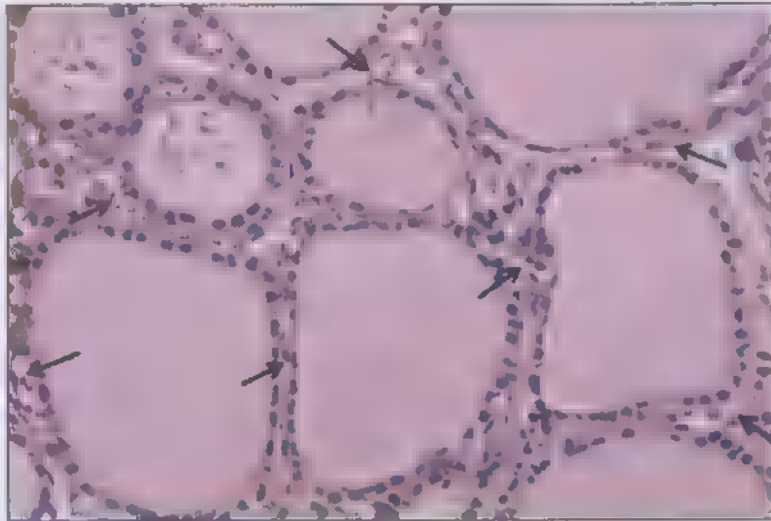
تحتوي هذه الخلايا حبيبات لها لب دائري داكن، محاط بمنطقة فاتحة، وتطلق الببتيد المتعدد البنكرياسي pancreatic polypeptide الذي يثبط إفراز بايكربونات وإنزيمات البنكرياس، إضافة إلى استرخاء المرارة وانقاص إفراز الصفراء. تجدر الإشارة إلى أن نهايات عصبية ودية ونظير ودية ترتبط مع حوالي 10% من خلايا A و B و D. وتعمل هذه النهايات كجزء من نظام التحكم بمستوى هرموني إنسولين وجلوكاجون.

4. الغدة الدرقية Thyroid Gland

تشأ هذه الغدة كإنبعاج من الجزء الأمامي لأرضية البلعوم، وهي تتكون من فصين lobes يربطهما برزخ isthmus (شكل 15). ويتألف كل فص من حوصلات follicles تتشكل من نسيج طلائي مكعب بسيط، يحيط بتجويف يحتوي مادة غروية (شكل 16)، وقد يصل قطر الحوصلة لحوالي 0.9 ملم، وتغطي الغدة الدرقية بكبسولة من النسيج الضام الطري، تمتد منها حواجز تفصل بين الحوصلات، وتتكون الحواجز من ألياف شبكية إلى حد كبير.



(شكل 15) رسم يبين موقع الغدة الدرقية في منطقة العنق



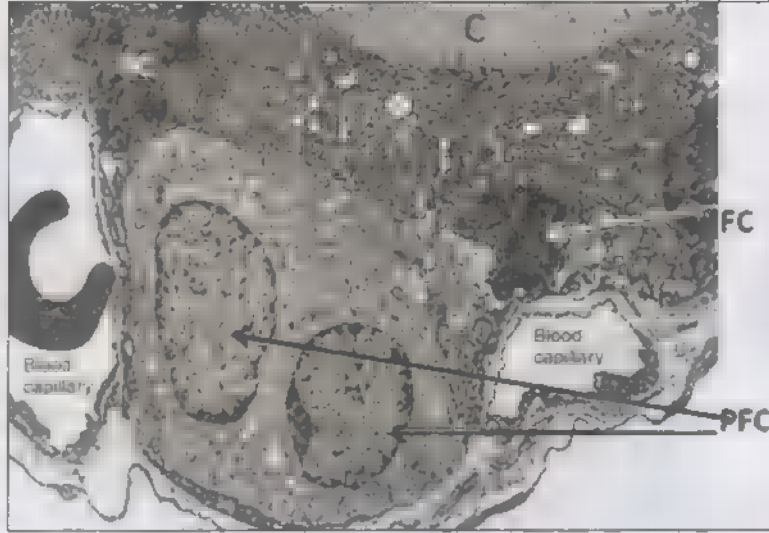
(شكل 16) صورة مجهرية ضوئية تبين حوصلات الغدة الدرقية. لاحظ النسيج الطلائي المكعب البسيط الذي يشكل بطانة الحوصلات ووفرة الشعيرات الدموية حول الحوصلات (أسهم)

تتصف خلايا حوصلات الدرقية بكل خصائص الخلايا المفرزة للبروتينات، فالجزء القاعدي لهذه الخلايا يحتوي شبكة إندوبلازمية خشنة وافرة وعدة ميتوكوندريا ونواة كروية مركزية. أما قمم الخلايا فتحوي أجسام جولجي كثيرة وأجسام حالة وحبيبات إفرازية صغيرة تحتوي هرموني ثايروكسين T_4 وثايرونين ثلاثي اليود T_3 triiodothyronine اللذين يضبطان النشاطات الأيضية. إضافة لذلك، يعمل هذان الهرمونان على زيادة امتصاص السكريات من الأمعاء وضبط أيض الدهون ونمو الجسم.

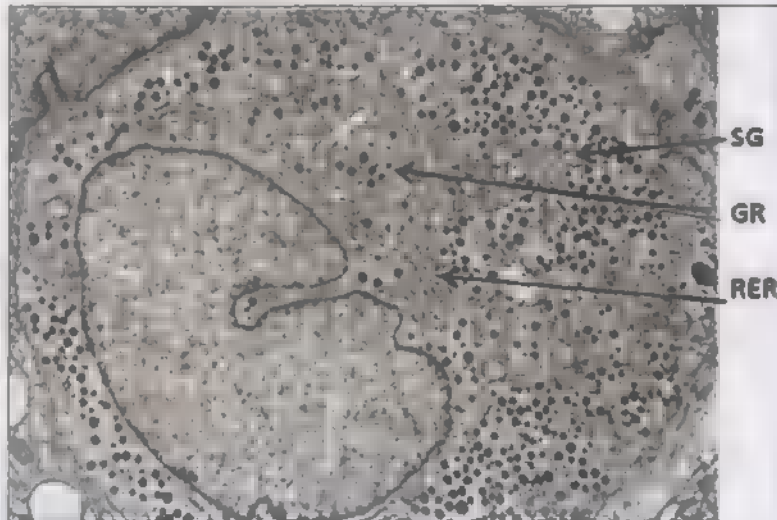
إضافة إلى الخلايا الطلائية الحوصلية، تحتوي الغدة الدرقية خلايا جار حوصلية *parafollicular cells* تشكل تجمعات بين حوصلات هذه الغدة، ونجدها أحياناً في التسيج

17

الطلائي لهذه الحوصلات (شكل 17). وبشكل عام، فإن الخلايا المشار إليها أكبر حجماً من الخلايا الحوصلية، وتحتوي أعداداً وافرة من حبيبات صغيرة يبلغ قطرها حوالي 140 nm (شكل 18). وتتركز هذه الحبيبات هرمون كالسيتونين **calcitonin** الذي ينقص مستوى كالسيوم الدم.



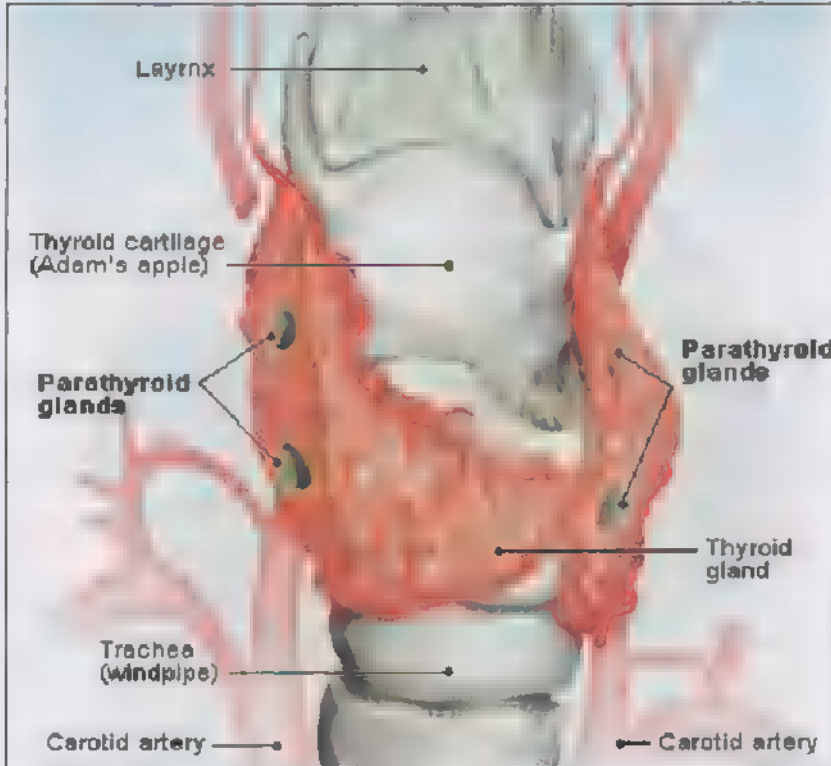
(شكل 17) صورة مجهرية إلكترونية لجزء من بطانة غدة درقية تبين خلية خلية حوصلية (FC) وخلية جار حوصلية (PFC) ومادة غروية (C) في تجويف الحوصلة



(شكل 18) صورة مجهرية إلكترونية لخلية جار حوصلية. لاحظ الشبكة الإندوبلازمية القليلة (RER) ومنطقة جسم جولجي (GR) وحبيبات الإفراز (SG)

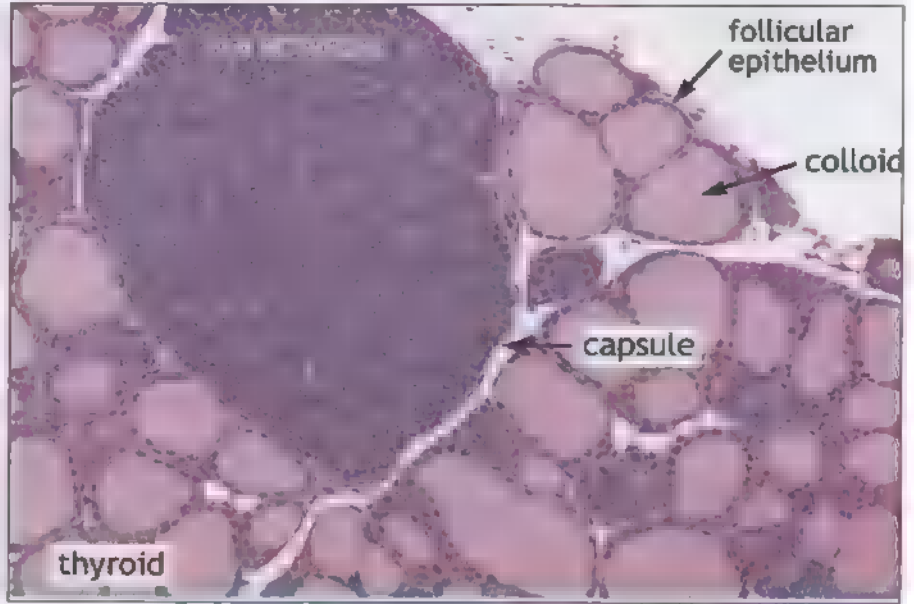
5. جارات الدرقية Parathyroids

هذه أربع غدد صغيرة تزن حوالي 0.4 غم، ويبلغ طول كل منها حوالي 6 ملم، وعرضها 3 ملم، وسمكها 0.5-2.0 ملم. تقع هذه الغدد بين الغدة الدرقية، واحدة عند الطرف العلوي وأخرى عند الطرف السفلي لكل فص درقي (شكل 19، 20). ويحيط بكل غدة جار درقية كبسولة من النسيج الضام، تمتد منها باتجاه الداخل فواصل تختلط مع الألياف الشبكية التي تدعم تجمعات الخلايا الإفرازية المنتظمة على هيئة حبال أو تجمعات كثيفة (شكل 21)، وأحياناً على هيئة حوصلات بداخلها مادة غروية. وتمتد مع الفواصل المذكورة أوعية دموية ولفاوية وأعصاب. وتتكون كل غدة جار درقية من نوعين من الخلايا، هما: الرئيسة **chief** والهامضية **oxyphil** (شكل 22). ونستعرض فيما يلي أبرز صفات هذين النوعين من الخلايا.

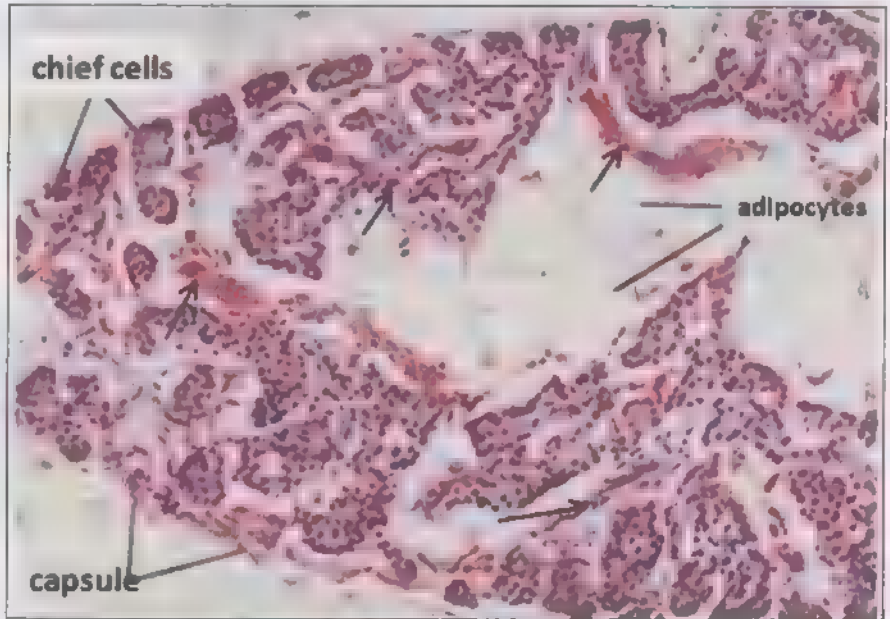


(شكل 19) رسم يبين مواقع الغدد جارات الدرقية

17



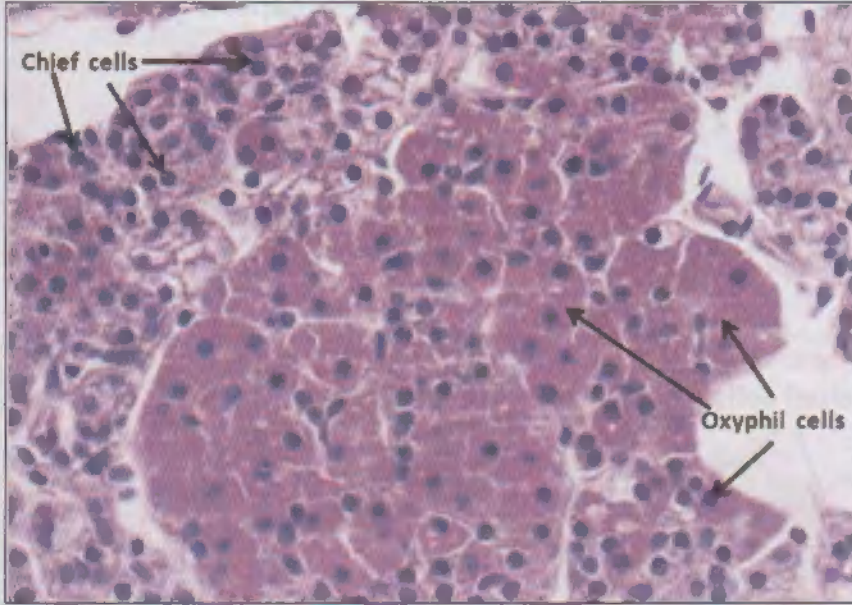
(شكل 20) صورة مجهرية ضوئية تبين غدة جار درقية محاطة بنسيج غدة درقية



(شكل 21) صورة مجهرية ضوئية لمقطع طولي في غدة جار درقية. لاحظ الخلايا الدهنية والشعيرات الدموية (أسهم) والكبسولة والخلايا الرئيسية

1.5 الخلايا الرئيسية Chief Cells

هذه خلايا صغيرة يتراوح قطرها بين 5-9 μm ، وهي الأكثر وفرة (شكل 22). ولكل خلية سيتوبلازم باهت الصبغة له ميل قليل للأحماض. كذلك، توجد عدة ميتوكوندريا طويلة وشبكة إندوبلازمية وجسم جولجي. كما توجد حبيبات إفرازية غير منتظمة تحتوي هرمون جار الدرقية **parathyroid hormone PTH** البروتيني الذي يرفع مستوى كالسيوم الدم، عكس ما يفعله الهرمون كالسيتونين. ويثبط هرمون **PTH** الخلايا المكونة للعظم ويحفز الخلايا المفككة للعظم. كما يعمل هذا الهرمون على إنقاص مستوى أيونات الفوسفات في الدم.



(شكل 22) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في غدة جار درقية. لاحظ الخلايا الحامضية والخلايا الرئيسية

2.5 الخلايا الحامضية Oxyphil Cells

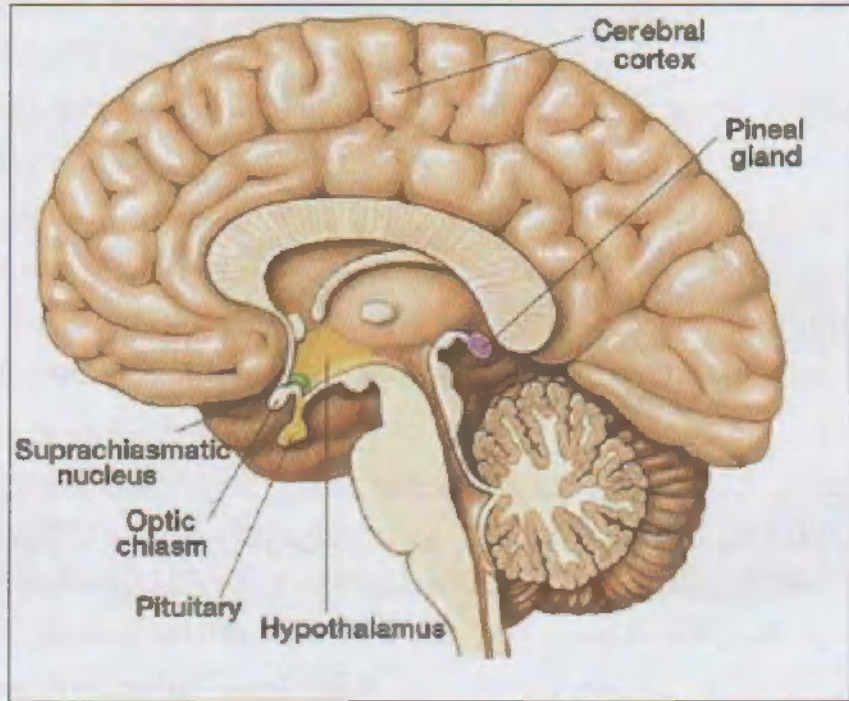
تختلف هذه الخلايا عن الخلايا السابقة كونها أكبر حجماً ولها نوى أكثر دكاسة وسيتوبلازم يحتوي حبيبات محبة للأحماض (شكل 22)، وهذه الخلايا ميتوكوندريا صغيرة وأجسام جولجي وشبكة إندوبلازمية خشنة أقل وفرة من مثيلاتها في الخلايا الرئيسية. ويعتقد بأن هذه الخلايا تمثل مشتقات انتقالية للخلايا الرئيسية، ذلك أنها تنتج كميات قليلة من هرمون **PTH**.

6. الغدة الصنوبرية Pineal Gland

هذه غدة لها هيئة كوز صنوبر، وتقع فوق سقف الدماغ البيني **diencephalon** وتتصل به عبر سوقة قصيرة (شكل 23). تزن هذه الغدة حوالي 100 ملغم، ويبلغ طولها حوالي 7.0 ملم وعرضها حوالي 4.0 ملم. وتغطي هذه الغدة ب **الأم الحنون pia matter** المحيطة بالدماغ والتي

17

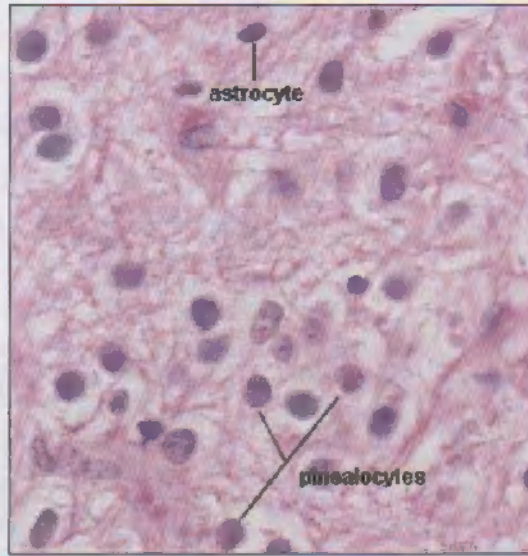
تمتد منها فواصل trabeculae من النسيج الضام، لتقسم جسم الغدة إلى تجمعات خلوية على هيئة حبال أو حوصلات، وتسير مع هذه الفواصل شعيرات دموية. وتتكون الغدة الصنوبرية من نوعين من الخلايا، هما: الخلايا الصنوبرية pinealocytes والخلايا البينية interstitial cells التي يشار إليها أيضاً باسم الخلايا النجمية astrocytes (شكل 24).



(شكل 23) رسم يبين حجم وموقع الغدة الصنوبرية

1.6 الخلايا الصنوبرية Pinealocytes

لهذه الخلايا نوى غير منتظمة وسيتوبلازم باهت (شكل 24) محب للقواعد، ويحتوي شبكة إندوبلازمية ملساء ذات حوصلات متعددة، إضافة إلى أنبيبات دقيقة وميتوكوندريا بأعداد متوسطة. ولهذه الخلايا تفرعات تظهر فقط باستعمال صبغات تحتوي أملاح فضة. وتفرز الخلايا الصنوبرية هرمون ميلاتونين melatonin الذي يعتقد إن إفرازه يزداد في الظلام ويقل في النهار، ويؤدي ذلك إلى تغيرات نظامية في الأنشطة الإفرازية للمناسل gonads والغدة النخامية وتحت المهاد hypothalamus والأنشطة المتصلة بدورة الليل والنهار circadian rhythm، غير أن لهذا الهرمون تأثيرات على لون الجلد وخاصة في البرمائيات، ذلك أنه يسبب تجمع حبيبات ميلانين في خلايا الجلد، مما يؤدي إلى إبيضاضه.



(شكل 24) صورة مجهرية ضوئية لمقطع في غدة صنوبرية. لاحظ الخلايا الصنوبرية والخلايا النجمية

2.6 الخلايا النجمية Astrocytes

توجد هذه الخلايا بين حبال الخلايا الصنوبرية وحول الأوعية الدموية، وتتصف بنوى بيضاوية ذات درجة اصطباغ أكثر من نوى الخلايا الصنوبرية (شكل 24). ولهذه الخلايا بروتات سيتوبلازمية تحتوي أعداداً كبيرة من الخييطات الدقيقة المتوسطة (قطرها 10 nm). كذلك، يحتوي سيتوبلازمها شبكة إندوبلازمية خشنة نامية، وعدة ريبوسومات حرة، إضافة إلى ترسبات من الجلايكوجين وبعض الأنبيبات الدقيقة.

7. غدد أخرى

ذكرنا في فصول سابقة أن أعضاء في أجهزة مختلفة تعمل كغدد تفرز هرمونات لضبط بعض العمليات الفسيولوجية. فعند دراستنا الجهاز الهضمي بينا بأن المعدة تفرز هرمون جاسترين gastrin الذي يحفز إطلاق HCl من خلاياها الجدارية لتنشيط مولد الببسين pepsinogen، وبأن الإثني عشر يفرز هرموني سكرتين secretin الذي ينشط البنكرياس لإفراز مادة قاعدية لتسهيل عمل إنزيماته في هضم المواد العضوية المختلفة، وكوليسيستوكاين cholecystokinin الذي تطلقه المرارة لإستحلاب المواد الدهنية ليسهل هضمها. كذلك، أشرنا إلى القلب كغدة تفرز البروتين المدر للصوديوم atrial natriuretic protein الذي يساعد في ضبط منسوب الصوديوم في الدم. كما أشرنا بأن الكلية تفرز الهرمون المكون للحمرة erythropoietin الذي ينظم عملية تكوين خلايا الدم الحمراء، إضافة إلى الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية التي تفرز هرموني FSH و LH لتنظيم عملية تكوين الحيوانات المنوية والبيوض. وللمزيد من المعلومات حول هذه الغدد، نقترح العودة إلى الفصول المعنية بها.

المراجع

- Bloom & Fawcettm 2000. A Text of Histology. W.B. Saunders Co., PhiladelphiaU.S.A
- Burkitt, G. & Heath, J. 2009. Functional Histology. A Text and Color Atlas. Churchill Livingstone, London, England.
- De fiore, M. 2010. Atlas of Human Histology. Lea & Febiger, Philadelphia, U.S.A.
- Junqueira, L., Carneiro, J., & Kelly, R. 2011. Basic Histology. Prentice Hall International, London, England.
- Kessel, R., Kardon, J. 2004. Tissues & Organs. A Text- Atlas of Scanning Electron Microscopy. W.H. freeman & Co. San Francisco, U.S.A.
- Krstic, R. 2001. Ultrastructure of the Mammalian Cell. Springer Verlag. Germany.